



Omkostningsberegninger for urørt skov på statens skovarealer

Jacobsen, Jette Bredahl; Meilby, Henrik

Publication date:
2018

Document version
Også kaldet Forlagets PDF

Citation for published version (APA):
Jacobsen, J. B., & Meilby, H., (2018). *Omkostningsberegninger for urørt skov på statens skovarealer*, 52 s., IFRO Udredning Nr. 2018/06

IFRO Udredning



Omkostningsberegninger for urørt skov på statens skovarealer

Jette Bredahl Jacobsen
Henrik Meilby

IFRO Udredning 2018 / 06

Omkostningsberegninger for urørt skov på statens skovarealer

Forfattere: Jette Bredahl Jacobsen, Henrik Meilby

Faglig kvalitetssikring: Suzanne Elizabeth Vedel (IFRO) og Vivian Kvist Johannsen (Institut for Geovidenskab og Naturforvaltning)

Udarbejdet for Naturstyrelsen i henhold til aftalen mellem Institut for Fødevare- og Ressourceøkonomi og Miljø- og Fødevareministeriet om forskningsbaseret myndighedsberedskab

Udgivet maj 2018

Se flere myndighedsaftalte udredninger på www.ifro.ku.dk/publikationer/ifro_serier/udredninger/

Institut for Fødevare- og Ressourceøkonomi (IFRO)
Københavns Universitet
Rolighedsvej 25
1958 Frederiksberg
www.ifro.ku.dk

Indholdsfortegnelse

1.	Træartsforkortelser og andre forkortelser	3
2.	Indledning	3
3.	Beregningsmetode	4
4.	Antagelser	4
4.1	Sortimentsfordelinger og priser	4
4.2	Foryngelse, driftsform og omdriftsalder	6
4.3	Simulering af aktuelle og fremtidige bevoksningers vækst.....	6
4.3.1	Generelt	7
4.3.2	Anvendelse af tilvækstoversigterne som grundlag	7
4.3.3	Tyndings- og afviklingsforløb	11
4.3.4	Afvigende bevoksningstilstand	12
4.3.5	Udviklingsforløb for de forskellige træarter	13
4.3.6	Produktivitet	17
4.4	Rentefod	21
4.5	Gyldighedsområde	21
5.	Vejledning i anvendelse af resultaterne	21
5.1	Beregning af værdi hvis der ikke forventes træartsskifte	22
5.2	Beregning af værdi hvis der forventes træartsskifte	23
6.	Illustration af udvalgte resultater	24
6.1	Sammenligning af kapitalværdier mellem træarter	25
6.2	Vurdering af antagelserne omkring tilvækst og driftsform	26
6.3	Udvikling i venteværdier over tid for standardbevoksninger	27
6.4	Betydningen af muligheden for at kunne realisere en del af den stående vedmasse inden udlægning	28
6.5	Betydningen af at benytte faldende diskonteringsrate i stedet for en fast	29
6.6	Præcision af anvendte polynomier	29
7.	Afsluttende kommentarer vedrørende de driftsøkonomiske beregninger	31
8.	Samfundsøkonomiske konsekvenser	32
8.1	Betydning for arbejdsmarkedet	32
8.2	Betydning for træindustrien	32

8.3	Betydning for rekreative værdier	33
8.4	Økonomiske værdier af biodiversitet	33
8.5	Økonomisk værdi af kulstofbinding og substitution	33
8.6	Økonomisk værdi af grundvandsdannelse	34
9.	Referencer	35
Bilag 1.	Residualer for modellerne i)-v)	37
Bilag 2.	Følsomhed for antagelser omkring tilvækst og dyrkningssystem	40
Bilag 3.	Udvikling i venteværdier over tid for standardbevoksninger	42
Bilag 4.	Betydningen af muligheden for at kunne realisere en del af den stående vedmasse inden udlægning	44
Bilag 5.	Præcision af anvendte polynomier	46

1. Træartsforkortelser og andre forkortelser

BOG	Bøg
EG	Eg
ASK	Ask
ALO	Andet løv (typisk mindre værdifulde arter, ellers benyttes ask)
RGR	Rødgran (foreslås også benyttet til for eksempel ædelgran og lærk)
SGR	Sitkagran
DGR	Douglasgran
SKF	Skovfyr (foreslås også benyttet til langsomtvoksende nåletræer)
BJF	Bjergfyr
PK	Produktionsklasse
NPR	Netto-på-rod [pris]

2. Indledning

Nærværende udredningsrapport har til formål at danne grundlag for beregning af de langsigtede alternativomkostninger ved omlægning til urørt skov på Statens skovarealer, det vil sige det tab, der er forbundet med ophørt produktion. Dertil udregnes, hvor meget man potentielt kan mindske denne omkostning ved at udtage vedmasse ned til 200 m³/ha inden udlægning. Begrundelsen for sidstnævnte er, at det er et af de tiltag, som diskuteres.

Formålet med arbejdet har været at levere et sæt beregninger, der kan bruges som grundlag for at fastsætte alternativomkostningen for enkeltbevoksninger på en ensartet måde. Derfor er der tilstræbt at bruge gennemsnitsbetragtninger, omkring hvilken drift der ligger til grund for beregningerne. Rapporten her beskriver beregningerne. Derudover er der til Naturstyrelsen leveret et sæt af regneark med beregningsresultater i et format som er anvendeligt i Naturstyrelsens arbejde. Disse kan fås ved henvendelse til forfatterne.

Det er værd at bemærke, at hensigten med rapporten ikke har været at levere et omkostningsestimat, for hvad omlægning til urørt skov koster på Naturstyrelsens arealer, men udelukkende at skabe et beregningsinstrument, som Naturstyrelsen selv kan anvende til at beregne omkostningsniveauer for typiske bevoksninger.

Driftsantagelserne er fastsat skønsmæssigt, så de afspejler en gennemsnitsbetragtning for Naturstyrelsens drift og beslutningsgrundlag. Derfor har der i fastlæggelsen af antagelserne været en del iterationer med Naturstyrelsen om at få disse specificeret. Driften varierer mellem distrikter og arealer. Dette afspejles ikke i beregningerne, som baseres på en "gennemsnitsdriftsform", idet muligheden for sammenligning ellers forsvinder. Men det er værd at være opmærksom på, at hvis man er interesseret i præcise estimater for enkelte bevoksninger, vil antagelserne typisk være anderledes.

En særlig udfordring er, at Naturstyrelsen baserer deres tilvækstantagelser på standardtilvækstoversigter fra ensaldret skovbrug, mens driftsformen i dag baserer sig på de såkaldte skovudviklingstyper. Der foreligger ikke forsøg eller dokumentation for, om skovudviklingstyperne på langt sigt kan producere som de

ensaldrede bevoksninger. Men da det er det beslutningsgrundlag, der i øvrigt opereres med, er det også det, der benyttes her. For at belyse betydningen heraf, er der i rapporten lavet sammenligninger med driftsformer, som følger standardtilvækstoversigterne, så man kan vurdere betydningen heraf.

Rapporten og tilhørende resultatregneark angiver kapitalværdier for bevoksninger afhængigt af parametrene træart, produktionsklasse, alder, diameter og volumen. Disse er de alternativomkostninger, som fremkommer, hvis drift af de givne bevoksningstyper ophører. Resultaterne, og nok især de tilhørende polynomier for kapitalværdien som en funktion af de ovennævnte fem parametre, kan bruges bredere til værdifastsættelser generelt. Man skal dog være opmærksom på en række begrænsninger: For det første er de kun dækkende inden for det interval, de er estimeret inden for. Ekstrapolation kan give sære resultater, da der er interaktioner mellem mange parametre. For det andet afspejler de den prædikterede drift – som er en slags gennemsnitsdriftsform på landsplan for Statens skovarealer. Lokalt vil man derfor typisk have mulighed for bedre (det vil sige mere præcise) estimater. For det tredje viser den slags beregninger altid et øjebliksbillede, som afhænger af prisudvikling, driftsform, omkostningsstruktur og rentefod. Når disse ændres, ændres værdierne også – og ikke nødvendigvis proportionalt.

Udover driftsøkonomiske konsekvenser kan der være andre velfærdsøkonomiske konsekvenser – omkostninger såvel som gevinster. Til sidst i rapporten vurderes derfor, på baggrund af litteraturen, de samfundsøkonomiske konsekvenser, som ikke er direkte knyttet op på driftsøkonomien; det vil sige konsekvenser for arbejdsmarkedet samt konsekvenser for ikke markedsomsatte goder såsom rekreation. De samfundsøkonomiske konsekvenser afhænger i høj grad af, hvor udpegningerne kommer til at være – da mange af værdierne er geografisk specifikke. For eksempel er de samlede rekreative værdier størst, hvis der er mange mennesker, som kan drage nytte af dem. Derfor beregnes samfundsøkonomiske omkostninger og værdier ikke, men deres retning samt principper for en værdisætning heraf beskrives, så en eventuel konsekvensberegning kan foretages, når der er konkrete udpegninger at forholde sig til.

3. Beregningsmetode

Tabet ved omlægning til urørt skov kan opgøres som tabet af den fremtidige produktion. Værdien af denne kaldes kapitalværdien. Kapitalværdien af bevoksningerne er lig summen af nutidsværdien af den eksisterende bevoksning plus nutidsværdien af alle fremtidige bevoksninger. Dette kaldes også en venteværdi. I rapporten beregnes eksisterende og fremtidige bevoksninger separat for at give mulighed for et træartsskifte efter den nuværende bevoksning. Foretager man træartsskifte skal man dog være opmærksom på, at foryngelsesomkostningerne af beregningstekniske årsager er knyttet til alderen af overetagen. Eventuelle forskelle i foryngelsesomkostninger ved et træartsskifte skal derfor håndteres særskilt. For at lave beregninger af kapitalværdier er man nødt til at gøre en række antagelser, som beskrives i det følgende.

4. Antagelser

4.1 Sortimentfordelinger og priser

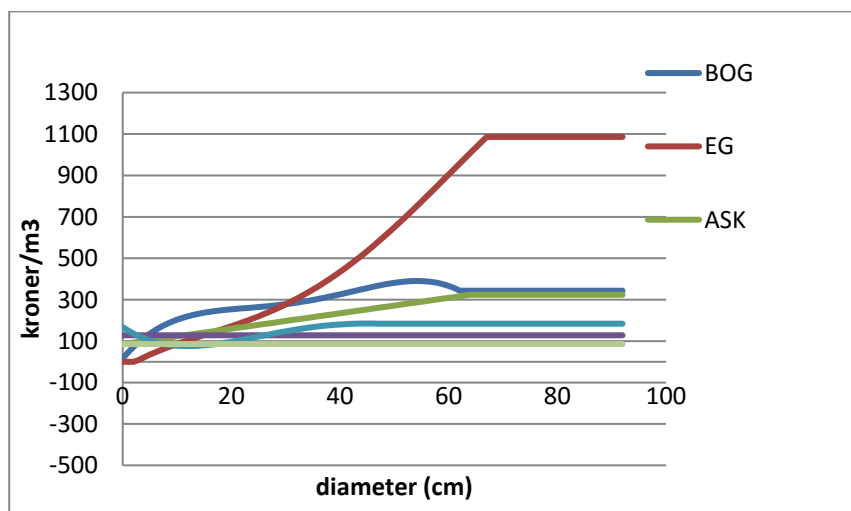
Priser og omkostninger opgøres i 2016 realpriser. Vi benytter de af Lundhede og Thorsen (2017) specificerede priskefunktioner for bøg, eg og rødgran. For ask og ær (sidstnævnte repræsenterende værdifuldt

andet løv) benyttes en approksimation på baggrund af Naturstyrelsens egne sortimentsfordelinger, NPR-priser for kævler svarende til de af Lundhede og Thorsen benyttede for bøg, råpriser på flis fra Lundhede og Thorsen, og sortimentsomkostninger på 250 kroner/m³, hvilket er et erfaringstal fra Naturstyrelsen. For ikke værdifulde andet løv (birk, med videre) antages, at alt flises. Flisprisen fra Lundhede og Thorsen benyttes, og sortimentsomkostninger på 250 kroner/m³ som ovenfor. For sitka-, douglas- og rødgran benyttes samme NPR-pris som for rødgran. For bjergfyr antages, at alt flises. Der benyttes priser fra Lundhede og Thorsen og sortimentsomkostninger på 185 kroner/m³, hvilket er et erfaringstal fra Naturstyrelsen.

De nedenstående parametre (tabel 1) benyttes i et fjerdegradspolynomium for prisen som en funktion af diameteren (d). Desuden angives den maksimale diameter, for hvilken polynomiet benyttes. Ved større diameter antages prisen at være konstant. For normalt drevne skove er det ikke et stort problem, men i bevoksninger, som af en eller anden grund afviger meget fra normal drift, kan det lede til overestimering. Det kan for eksempel være tilfældet, hvis diametrene bliver så store, at afsætningsmulighederne forringes, eller hvis der er kvalitetstab. Polynomiet er også begrænset nedad, så prisen sættes til 0, hvis polynomiet prædikerer negative værdier. Selvom man godt kan få et negativt afkast ved hugst af små diameter, vurderes dette at være et begrænset problem med den beskrevne drift, og under alle omstændigheder ikke noget, der er belæg for at estimere med polynomierne.

Tabel 1. Parametre i polynomium til fastsættelse af NPR-prisen

	Polynomium, 1. parameter i 4. grad, og nedad						
	BOG	EG	ASK	ALO	RGR/SGR/DGR	SKF	BJF
d⁴	-0,000263	-0,000102	0	0	0,000132	0,000132	0
d³	0,0343	0,0154	0	0	-0,0211	-0,02107	0
d²	-1,53	-0,569	0	0	1,09	1,09	0
d¹	30,8	16,4	3,72	0	-17,9	-17,9	0
Konstant	16,8	-35,0	85,5	128	168	168	85,7
Max diameter	62	67	64	60	47	47	60
Pris over max diameter	344	1086	324	128	184	184	85,7



Figur 1. NPR-priser som en funktion af diameteren for forskellige træarter

4.2 Foryngelse, driftsform og omdriftsalder

Naturstyrelsen bruger i vidt omfang selvfor yngelse i et system baseret på skovudviklingstyper, hvorfor standardoversigter over omkostninger ikke benyttes. I stedet benyttes de af styrelsen oplyste tilnærmede omkostninger.

Følgende tabel angiver for yngelsesomkostningerne, samt hvornår de falder i rotationen. Bjergfyr drives som værnsskov og forventes for yngnet naturligt, hvorfor der ingen for yngelsesomkostninger er. I tabellen er også angivet, hvilken omdriftsalder der benyttes. Det bemærkes, at den er betydeligt længere, end hvad der benyttes i klassisk aldersopdelt skovbrug med profitmaksimering for øje.

Tabel 2. Oversigt over driftsform og for yngelse

Træart	Foryngelses- omkostningstidspunkt (år)	Foryngelses- Omkostning (kroner/ha)	Alder hvor foryngelsen regnes komplet cyklus (år)	Alder hvor foryngelsen har nået en alder på 20 år (år)	Omdriftsalder (år)
BOG, PK= \geq 8	110	5.000	120	140	200
BOG, PK<8	130	5.000	140	160	200
EG	280	10.000	280	300	300
ASK & ALO	100	5.000	100	120	120
RGR	80	10.000	80	100	100
SGR	70	10.000	70	90	90
DGR	130	10.000	130	150	150
SKF	130	5.000	130	150	150

Foryngelsesomkostningerne er baseret på skøn foretaget af Naturstyrelsen på baggrund af deres praksis. Det skal bemærkes, at der her regnes for renbestande, mens praksis er blandinger. Tilsvarende gøres for alle andre beregninger, så man kan korrigere for blandinger til sidst.

Fordi tilvækstmodelleringen ønskes lavet på standardtilvækstoversigter, mens Naturstyrelsen benytter de såkaldte skovudviklingstyper som grundlag, skal der gøres nogle tilretninger af både tilvæksten, som beskrevet i afsnit 5.3, og af driftsformen som sådan. Følgende tilnærmelser laves: For bøg er der tale om en cyklisk drift med et overlap mellem to generationer på 60-80 år afhængigt af produktionsklasse. For alle andre arter end bøg og bjergfyr antages en cyklisk drift med en to-etageret struktur i 20 år. Det vil sige, 30 år før en bevoksning afdrives, for ynges den, og 20 år før afdrift antages det, at for yngelsen er komplet.

Blandingsbevoksninger behandles som bestående af separate træarter. Har man for eksempel en blanding af 60 procent bøg og 40 procent andet løv, regnes værdien af den samlede bevoksning proportionalt hertil.

4.3 Simulering af aktuelle og fremtidige bevoksningers vækst

Naturstyrelsens bevoksningslister rummer oplysninger om træart, alder, produktionsklasse, bevoksningsdiameter og stående vedmasse. Disse er i nogle tilfælde baseret på regulære registreringer (eventuelt af ældre dato), i andre tilfælde er der tale om skøn baseret på lokale massekurver, og i atter andre er de baseret på opslag i standardoversigter. Uanset kvaliteten af skønnene tages der ved bestemmelse af bevoksningernes kapitalværdi udgangspunkt i de opgivne værdier af alder, produktionsklasse, bevoksningsdiameter og stående masse. Simulationerne er derfor udført for en bred vifte af kombinationer

af disse. For fremtidige bevoksningers vedkommende kendes kun den generelle dyrkningsstrategi, og simulationerne gennemføres derfor kun for et enkelt sæt af startværdier, idet det antages, at bevoksningsudviklingen følger et fast mønster for den enkelte træart og produktionsklasse, dette uagtet, at de enkelte arter planlægges at skulle indgå i blandede skovsystemer, som dyrkes inden for rammerne af forskellige skovudviklingstyper.

4.3.1 Generelt

Der er udført simulationer for træarterne bøg, eg, ask, rødgran, sitkagran, douglasgran, bjergfyr og skovfyr. For de nævnte arter foreligger ældre bonitetsvise tilvækstoversigter (tabel 3). Andre løvtræarter simuleres som ask men håndteres prismæssigt og derved også for de økonomiske beregninger separat (se 5.1). Da tyndingsstrategierne tilsyneladende varierer en del fra sted til sted, og da der ikke foreligger nogen specifik praksis for disse, antages det som udgangspunkt, at de gamle tilvækstoversigters tyndingsspecifikationer med visse undtagelser følges i gennemsnit (se afsnit 5.3.2). Da det endvidere forholder sig sådan, at moderne dynamiske vækstmodeller kun foreligger for nogle af træarterne (bøg, eg, rødgran, sitkagran og douglasgran), og det derfor under alle omstændigheder er nødvendigt at benytte de ældre tilvækstoversigter for nogle arter, anvendes i denne rapport alene de ældre tilvækstoversigter som grundlag. Tilvækstoversigterne fremgår af Statens Forstlige Forsøgsvæsen, 1990.

Tabel 3. Tilvækstoversigter anvendt som grundlag for simulationerne

Træart	Forfatter	Udgivet	Bonitetsklasse	Produktionsklasse [m ³ ha ⁻¹ år ⁻¹]	Aldersinterval [år]
Bøg	C. M. Møller	1933	I – V	11,0 – 3,8	18 – 120
Eg	C. M. Møller	1933	I – IV	7,7 – 3,6	18 – 150
Ask	C. M. Møller & C. Nielsen	1959	1 – 4	7,7 – 3,7	15 – 80
Rødgran	C. M. Møller	1933	I – VI	20,0 – 4,7	16 – 70
Sitkagran	H. A. Henriksen	1958	1 – 4	23,0 – 7,3	20 – 60
Douglasgran	S. Karlberg	1961	I – IV	22,4 – 14,6	18 – 61
Skovfyr	K. Morville	1948	I – V	8,8 – 2,9	22 – 100
Bjergfyr	K. Elmquist	ca. 1945	1 – 3	3,9 – 1,7	20 – 55

4.3.2 Anvendelse af tilvækstoversigterne som grundlag

De klassiske tilvækstoversigter er tabellariske og er kun opstillet for et begrænset antal produktionsklasser. Da der er tale om tabeller, specificerer oversigterne endvidere kun bevoksningstilstanden, hugstudbytter og tilvækst ved udvalgte bevoksningssaldre (tyndingstidspunkterne) og ikke for hvert enkelt år. Modsætningsvis skal simulationerne, inden for rimelige grænser, kunne gennemføres for enhver produktionsklasse og for enhver tænkelig initialtilstand. Det er derfor nødvendigt at indføre en matematisk approksimation af de centrale elementer i tilvækstoversigterne. I praksis er følgende fem relationer modelleret (bilag 1):

- Bevoksningshøjde som funktion af alder og produktionsklasse
- Totalproduktion som funktion af alder og produktionsklasse
- Stående vedmasse efter hugst som funktion af alder og produktionsklasse
- Bevoksningsdiameter (D_g) i blivende bestand som funktion af alder og produktionsklasse
- Stamtal som funktion af alder og produktionsklasse.

Foruden disse modeller benyttes funktioner for total vedmasse af de enkelte træarter (Madsen 1987; Madsen & Heusèrr 1993). Denne samling af volumenfunktioner inkluderer dog ikke funktioner for skovfyr og bjergfyr, og for disse arter benyttes derfor funktionen for rødgran (Madsen & Heusèrr 1993). Valget af totalmassefunktioner frem for funktioner for salgbar masse er sket på baggrund af, at man ved, at flisproduktion i modsætning til tidligere også anvender tyndere grene. For nåletræets vedkommende omfatter totalmassefunktionerne dog kun stammemassen, så i dette tilfælde undervurderer også totalmassefunktionerne i nogen udstrækning hugstudbytterne. I simulationerne benyttes vedmassefunktionerne dels til bestemmelse af vedmassen for givne kombinationer af bevoksningsdiameter, bevoksningshøjde og stamtal, dels til bestemmelse af bevoksningsdiameter, når stående vedmasse, stamtal og højde er kendt, og dels til bestemmelse af bevoksningshøjde, når vedmasse, stamtal og diameter er kendt. På grund af vedmassefunktionernes relativt komplicerede opbygning sker de to sidstnævnte beregninger ad iterativ vej. Funktionerne er i almindelighed robuste og kan anvendes inden for et bredt interval af diametre og højder, men for nogle arter har datagrundlaget for modellerne været betydeligt svagere end for andre. Dette betyder ikke noget for almindeligt forekommende kombinationer af diameter og højde, men da simulationerne i nogle tilfælde startes ved sjældne kombinationer af diameter og højde, og bevoksningerne afvikles over mange flere år, end man traditionelt har gjort, vil vedmassefunktionerne uvægerligt blive brugt endog en del ud over grænserne for det datamateriale, de er baseret på.¹ Det gælder for eksempel, hvis bevoksningsdiameteren når op på 90 cm eller mere. Datagrundlaget har for ingen træart omfattet eksempler på så store bevoksningsdiametre, men når der anvendes omdriftsaldrer på 300 år for eg og 150 år for douglasgran, kan det ske, at bevoksninger, som ved en alder på for eksempel 50-100 år har opnået pænt store diametre, opnår diametre på over 1 meter, når de nærmer sig omdriftsalderen. For at undgå urealistiske formtal (med tilhørende besynderlige diameterudviklinger) har det været nødvendigt at låse formtallene for ask, rødgran, sitkagran og douglasgran, når diametrene overstiger 1 meter. I simulationerne giver dette anledning til en diskontinuitet ved diameteren 1 meter, men da NPR-priserne på dette stadium af bevoksningsudviklingen for længst er blevet uafhængige af diameteren, har det ingen betydning for de økonomiske beregninger.

I simulationerne bruges modellerne i-ii til at beskrive bevoksningens tilvækstmæssige udvikling, mens iii.-iv. bruges til at fastlægge, hvor stor tyndingshugst, der skal udtages i hvert enkelt tyndingsår. Model v. anvendes alene til at fastlægge initialstamtallet, i tilfælde hvor dette ikke kan beregnes med udgangspunkt i stående vedmasse samt bevoksningshøjde og bevoksningsdiameter på starttidspunktet.

Med de anvendte modelformuleringer kan der sandsynligvis uden problemer ekstrapoleres endog en del med hensyn til alderen, hvorimod man bør være mere varsom med at ekstrapolere med hensyn til produktionsklassen (PK). Dette skyldes, at PK indgår i indtil tre lineære komponenter i hver model (på formen $a + b \cdot PK$), hver omfattende to parametre (a og b), og hvor en af disse parametre er positiv og den anden negativ, vil den samlede effekt af komponenten derfor skifte fortegn, når produktet af den sidste parameter (b) og PK bliver numerisk lig den første parameter. Tekniske grænser for ekstrapolation med hensyn til PK er vist i tabel 4. Disse grænser skal forstås således, at modellen rent teknisk kan fungere indtil disse grænser, men da grænserne i nogle tilfælde går endog meget langt uden for det område, der er dækket af tilvækstoversigterne, er der intet grundlag for at udtale sig om kvaliteten af deres prædiktioner.

¹ Volumenfunktionerne er heller ikke egnede, i tilfælde hvor træerne er meget små, det vil sige for lav PK ved lave aldre. I simulationerne benyttes derfor en særlig model, som Madsen udarbejdede for træer/bevoksninger med højder under tre meter.

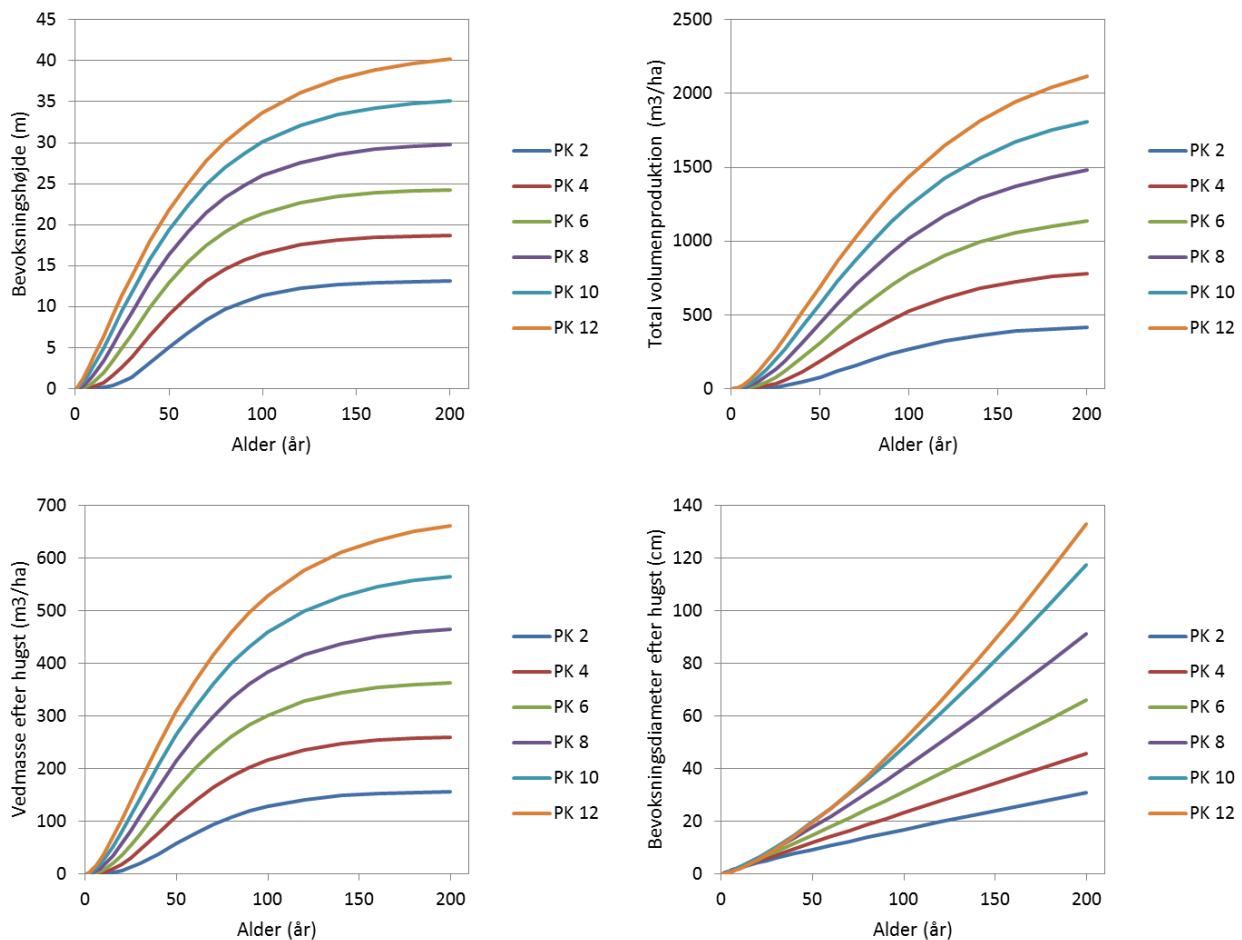
Tabel 4. Tilnærmede ekstrapolationsgrænser (produktionsklasser PK) for de forskellige modeller og træarter

Træart (pk)	Model i Højde	Model ii Totalproduktion	Model iii Vedmasse	Model iv Diameter	Model v Stamtal
Bøg	1 – 16	2 – >20	1 – 20	1 – 18	1 – 16
Eg	1 – 15	1 – 12	1 – 11	1 – 20	1 – 12
Ask	<2 – 15	1 – 12	2 – 10	1 – 12	1 – 12
Rødgran	1 – 28	1 – >30	1 – 27	1 – >30	1 – >30
Sitkagran	1 – >30	1 – >30	1 – >30	1 – 27	1 – >30
Douglasgran	1 – >30	2 – >30	1 – >30	2 – >30	1 – >30
Skovfyr	1 – 12	1 – 20	1 – 17	1 – >30	1 – 18
Bjergfyr	1 – 5	1 – 7	1 – 6	1 – 5	1 – (18)

Note: I enkelte tilfælde umuliggøres beregninger uden for intervallerne af fortegnsp problemer, men i de fleste tilfælde begrænses modellernes gyldighedsområde af, at modellerne ændrer form uden for intervallerne. For nogle arter ligger den øvre grænse for modellens anvendelighed betydeligt over de værdier af PK, man normalt vil støde på. ">30" betyder således, at modellen tilsyneladende uden problemer kan anvendes ved meget høje PK-værdier. For model v's vedkommende sker modellernes formskift i det hele taget ved meget høje PK-værdier, og de angivne øvre grænser er derfor baseret på skøn. Bemærk, at kvaliteten af skøn uden for modelgrundlagets grænser (tabel 3) under alle omstændigheder kan være tvivlsom.

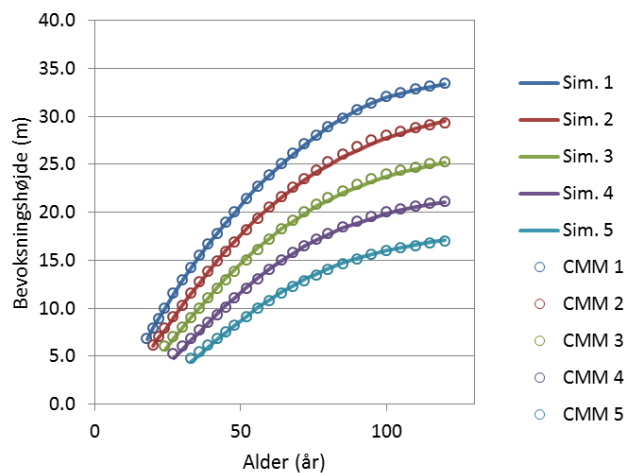
Modellernes funktionelle form er nogenlunde den samme for de forskellige træarter. Et eksempel er vist for bøg i figur 2. Det ses her, at Model i (højde), Model ii (total vedmasseproduktion) og Model iii (vedmasse efter hugst) alle er s-formede funktioner med vidt forskellige niveauer for de forskellige PK'er og forholdsvis hurtig acceleration på lokaliteter med høj PK sammenlignet med lokaliteter med lav PK. Der er endvidere nogen forskel på tværs af PK, med hensyn til hvornår den enkelte model begynder at konvergere. Modellen for diameterudviklingen i blivende bestand (Model iv) er anderledes og udviser i kraft af tyndingen en fortsat stigning også ved høj alder. Bemærk, at dette er en ekstrapolation.

De valgte funktionelle former er fleksible, og modellerne afviger derfor i de fleste tilfælde forholdsvis lidt fra de bagvedliggende tilvækstoversigter (residualer i bilag 1). Ikke desto mindre er afvigelserne i nogle tilfælde synlige (figur 3). De traditionelle tilvækstoversigter er ofte fastlagt ad grafisk vej, og hvor de udviser markante variationer med hensyn til krumning, vil de her benyttede modeller i nogen grad have et afvigende forløb. Hvor residualerne udviser systematik ved høj alder, må man tænke sig, at sådanne systematiske afvigelser kan forstærkes, når der ekstrapoleres langt uden for det aldersinterval, som dækkes af standard-tilvækstoversigterne. Dette kan for eksempel få betydning i forbindelse med de, i forhold til standardoversigterne, meget høje omdriftsaldre, der her benyttes for eg og douglasgran.



Figur 2. Bevoksningshøjde (Model i), total volumenproduktion (Model ii), stående vedmasse efter hugst (Model iii) og diameter efter hugst (Model iv) for bøg, produktionsklasse (PK) 2-12

Baseret på Carl Mar. Møllers (1933, i Statens Forstlige Forsøgsvæsen, 1990) tilvækstoversigt for bøg.



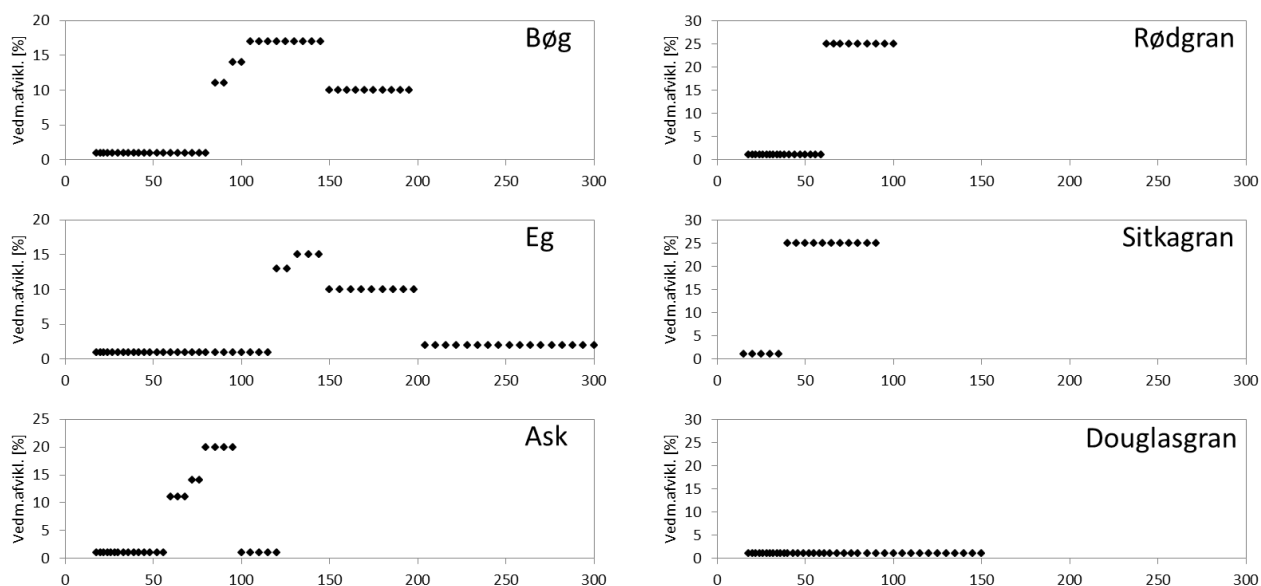
Figur 3. Bonitetskurver for bøg

ifølge Carl Mar. Møllers (1933) oversigt og som simuleret ved hjælp af den funktion, der også er vist i figur 2.

4.3.3 Tyndings- og afviklingsforløb

Tyndingsforløbene svarer som udgangspunkt til dem, der er specificeret i de enkelte tilvækstoversigter (tabel 3). Naturstyrelsens planlagte omdriftsaldre ligger dog generelt uden for det aldersinterval, der dækkes af de traditionelle oversigter, så det har været nødvendigt at videreføre tyndingsforløbene i resten af omdriften. Tyndingsintervallerne i de traditionelle oversigter er i begyndelsen 2-3 år, stigende til 5-6 år ved højere alder. Ved aldre ud over standardoversigternes maksimalalder er de sidst anvendte tyndingsintervaller videreført (6 år for eg; 5 år for andre arter). De anvendte omdriftsaldre er 200 år for bøg, 300 år for eg, 120 år for ask, 100 år for rødgran, 90 år for sitkagran og 150 år for douglasgran og skovfyr. For bjergfyr vedkommende opereres ikke med nogen slutalder. For de fleste arter er der endvidere specificeret en afviklingsperiode, således at der gradvist gøres plads til foryngelse og den ny generation. I figur 4 er de anvendte afviklingsforløb udtrykt ved den andel af den stående vedmasse, der i hvert tilfælde fjernes på tyndingstidspunktet. I den udstrækning at den specificerede vedmasseafvikling overstiger den tynding, der er specificeret i tilvækstoversigterne (udtrykt ved Model iii og iv), antages afviklingen at føre til en nedgang i den gamle bestands bevoksningskvotient. Herved sikres, at tilvækstoversigtens vedmasse-tilvækst fortsat kan antages for gældende på den tilbageværende del af arealet. I praksis sker der herved en gradvis åbning af kronetaget, hvorved der skabes lys og plads til den næste generation. Metoden er altså den, at tilvækstoversigtens tynding først udføres på hele den tilbageværende del af arealet, men hvis dette ikke er nok, udføres afvikling, indtil det samlede vedmasseudtag svarer til den specificerede procentandel af vedmassen før tyndingstidspunktet.

For bøgs vedkommende udføres særligt kraftig hugst i aldersintervallet 95-149 år. I den forbindelse sker hugsten overvejende fra toppen, sådan at de bedste kvaliteter kan udtages i forbindelse med skærmstillingen. I praksis er dette implementeret ved at indføre den regel, at diameteren i blivende bestand i forhold til Model iv) stiger 25 procent langsommere i aldersintervallet 95-149 år.

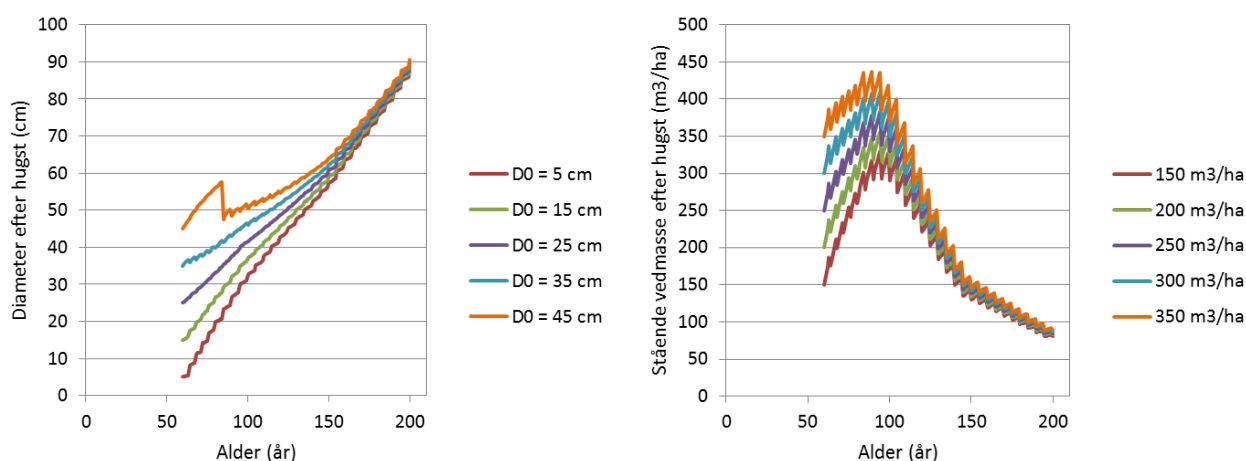


Figur 4. Tyndings- og afviklingsforløb for forskellige træarter

Note: Symbolerne angiver tyndingstidspunkter. I de tilfælde hvor symbolerne ligger tæt på x-aksen, anvendes alene tilvækstoversigtens tyndingsforløb. Værdier på 10-25 procent udtrykker, at der sker en delvis afvikling af bevoksningskvotienten til følge. Skovfyr's tyndingsforløb ligner forløbet for douglasgran. For bjergfyr's vedkommende opereres ikke med nogen slutalder; i stedet antages blot, at der kan tages 3 procent af den stående vedmasse hvert 5. år.

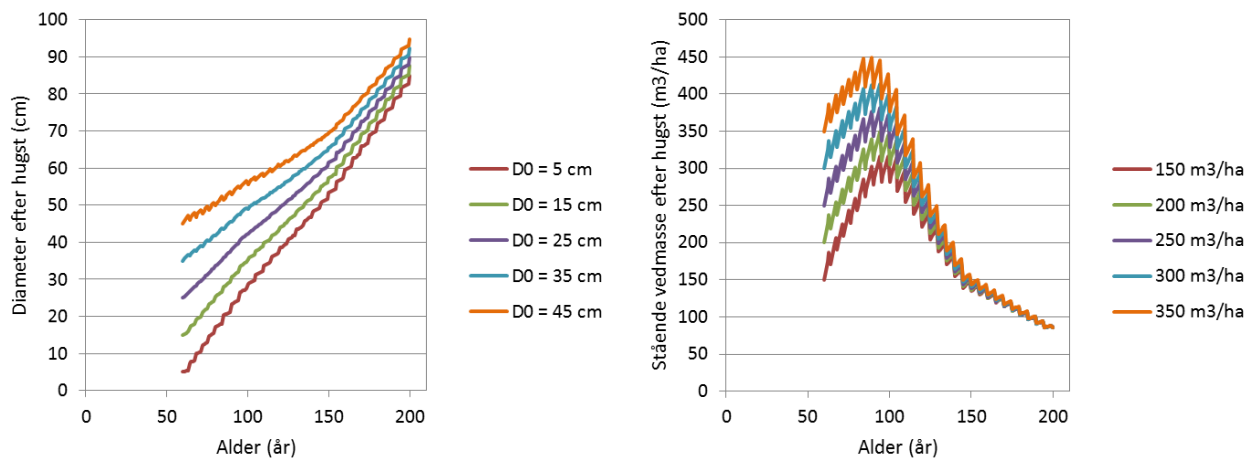
4.3.4 Afvigende bevoksningstilstand

Eksisterende bevoksningers tilstand som udtrykt ved deres aktuelle højde, diameter og vedmasse vil sjældent svare nøjagtigt til det forventede ifølge tilvækstoversigterne. Dette kan skyldes, at man faktisk har haft en anden dyrkningsstrategi end den, der ligger bag den relevante tilvækstoversigt, men det kan også skyldes tilfældigheder i form af uheld eller praktisk-økonomiske omstændigheder, eller simpelthen at den enkelte bevoksning er af så begrænset størrelse, at selv en rigtig god tilnærmelse til den dyrkningspraksis, der udtrykkes i tilvækstoversigten, har ført til tilfældige afvigelser. I forbindelse med simulationerne har det været nødvendigt at gøre antagelser om, i hvilken udstrækning aktuelle afvigelser skal opfattes som varige, og det er i den forbindelse valgt at operere med en langsom tilnærmelse til tilvækstoversigten. I praksis anvendes en årlig tilnærmelse på 2 procent af den til enhver tid resterende afvigelse mellem bevoksningens diameter og stående vedmasse efter hugst og de tilsvarende værdier ifølge tilvækstoversigten (Model iii og iv). Simulationerne er udført for et bredt interval af initiale bevoksningsdiametre og -vedmasser ved forskellige aldre og produktionsklasser (se afsnit 5.5). Værdierne er valgt, således at de dækker den variation, der har kunnet ses mellem Naturstyrelsens bevoksninger i grafiske fremstillinger. Vi har dog ikke haft adgang til Naturstyrelsens bevoksningslister, og de valgte kombinationer må derfor i nogle tilfælde forventes at falde uden for det rum, der faktisk dækkes af bevoksningerne, men der kan også være kombinationer, der ikke dækkes af vores simulationer. Da den årlige tilnærmelse (konvergensrate) på 2 procent er uden empirisk grundlag, er konsekvenserne af at anvende en lavere (1 procent) eller højere (3 procent) konvergensrate undersøgt. Virkningen af konvergensrater på 2 procent og 1 procent er vist for bøg i figur 5 og 6 nedenfor. Som det ses i eksemplet til venstre i figur 5, indebærer kombinationen af en stående vedmasse på 261 m³/ha og en bevoksningsdiameter på 45 cm ved 60 år, at et konvergenskrav på 2 procent i de første cirka 20 år ikke kan opfyldes. Derfor tyndes bevoksningen ikke i denne periode. I alle figurens andre eksempler er tyndingsforløbene uproblematisk fra start til slut. Ved den langsomme udvikling, der fremkommer ved en konvergensrate på 1 procent, er der i ingen af tilfældene problemer med at opfylde konvergenskravet (figur 6).



Figur 5. Illustration af konvergens mod tilvækstoversigtens værdier for bevoksningsdiameter og stående vedmasse efter hugst, når fremskrivningen starter ved værdier, der afviger mere eller mindre. Konvergensraten er 2 procent årligt.

Note: Eksemplerne er beregnet for bøg PK 8, og fremskrivningen starter ved en alder på 60 år. I eksemplerne til venstre er den stående vedmasse fra starten 261 m³/ha, hvilket svarer til tilvækstoversigten. I eksemplerne til højre er bevoksningsdiameteren fra starten 22 cm, hvilket nogenlunde svarer til tilvækstoversigten.

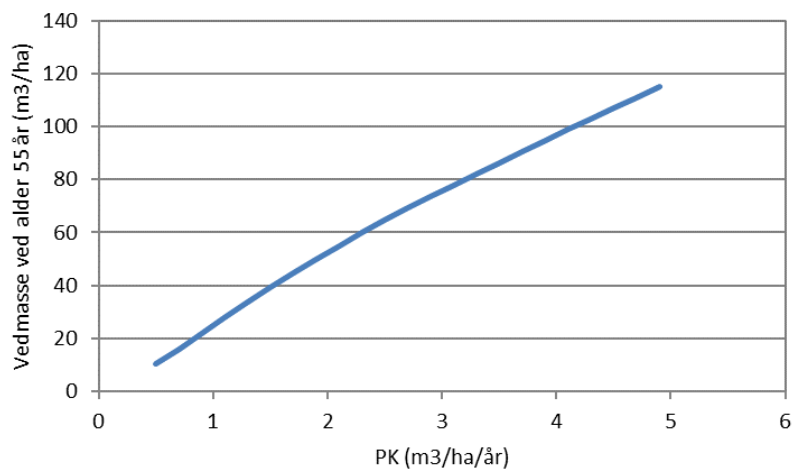


Figur 6. Illustration af konvergens mod tilvækstoversigtens værdier for bevoksningsdiameter og stående vedmasse efter hugst, når fremskrivningen starter ved værdier, der afviger mere eller mindre. Konvergensraten er 1 procent årligt.

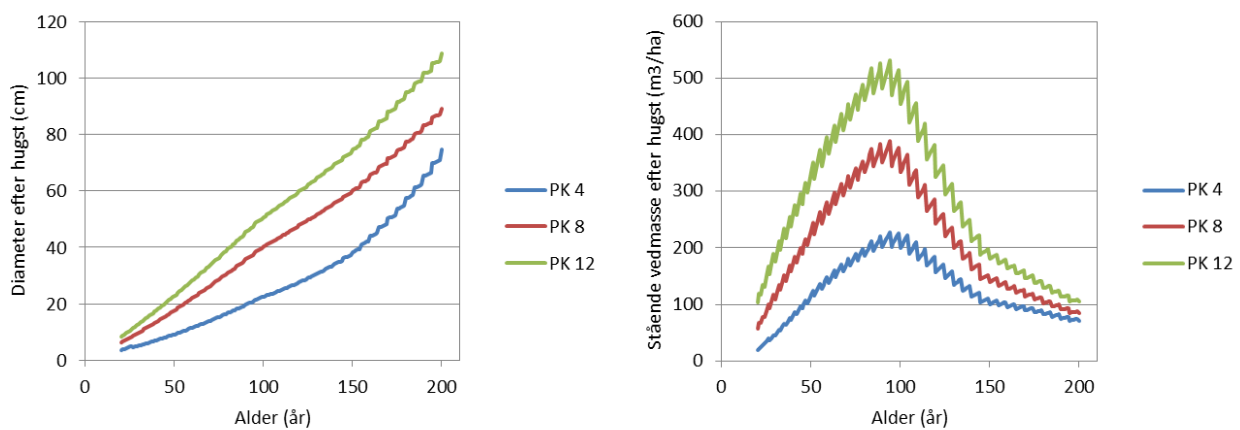
Note: Eksemplerne er beregnet for bøg PK 8, og fremskrivningen starter ved en alder på 60 år. I eksemplerne til venstre er den stående vedmasse fra starten 261 m³/ha, hvilket svarer til tilvækstoversigten. I eksemplerne til højre er bevoksningsdiameteren fra starten 22 cm, hvilket nogenlunde svarer til tilvækstoversigten.

4.3.5 Udviklingsforløb for de forskellige træarter

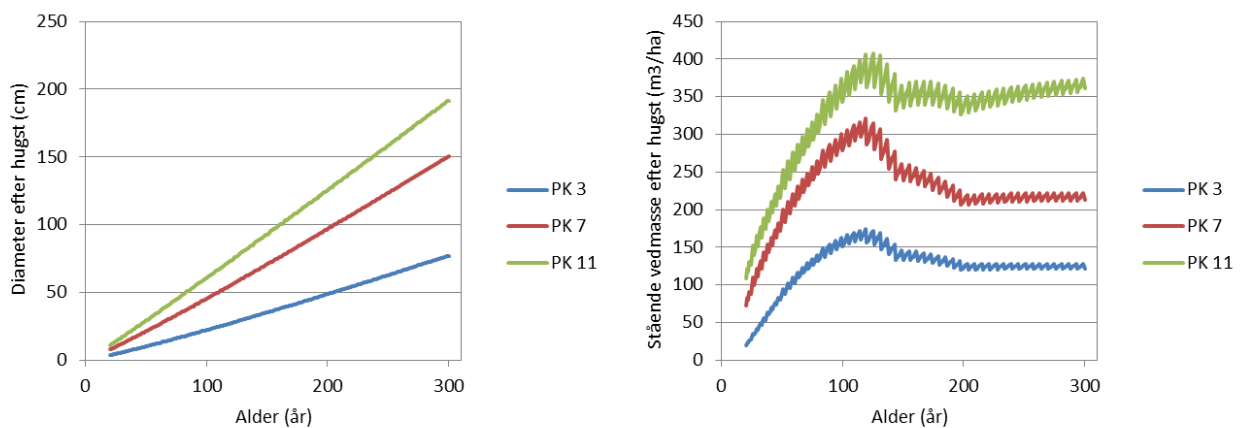
Bevoksninger af bjergfyr antages at forblive i en tilstand, der med hensyn til den stående vedmasse svarer til tilvækstoversigtens tilstand ved alderen 55 år. Der er derfor ikke nogen udvikling at kigge nærmere på, kun en PK-afhængig variation med hensyn til stående vedmasse (figur 7). Eksempler på de øvrige træarters simulerede udviklinger er vist i figurerne 8 til 14. I alle tilfælde er der tale om ret betydelige overskridelser af tilvækstoversigternes maksimale aldre, og de viste udviklinger er derfor – for de sidste års vedkommende – generelt forholdsvis usikre. Da Naturstyrelsens bevoksninger spænder meget vidt med hensyn til produktionsklassen, ekstrapoleres ligeledes ganske meget med hensyn til denne parameter. I figurerne 8-14 vises i alle tilfælde tre ækvidistante produktionsklasseniveauer, som dækker hovedparten af det anvendte interval. For arterne bøg, eg, ask, rødgran og sitkagran finder en vis afvikling af den stående vedmasse sted. For bøgs vedkommende falder vedmassen først stejlt, siden mindre stejlt. Endvidere indebærer hugst fra toppen i aldersintervallet 95-149, at diameterudviklingen bliver mindre stejl i denne periode. I de sidste 50 år af omdriften vokser bevoksningsdiameteren dog kraftigt igen. For egs vedkommende forekommer den simulerede diameterudvikling særdeles jævn, primært fordi slutalderen er så høj som 300 år, men også fordi den anvendte hugstpraksis indebærer et meget stabilt vedmasseniveau. For de høje produktionsklassers vedkommende opnås da også meget store diametre ved slutalderen. Vedmasseforløbene for eg viser tydeligt, at afviklingsforløbet er meget langt og gradvist klinger af, hvorved vedmassen til sidst stabiliserer sig.



Figur 7. Variation i stående vedmasse for bjergfyr ved alder 55 år, afhængigt af PK

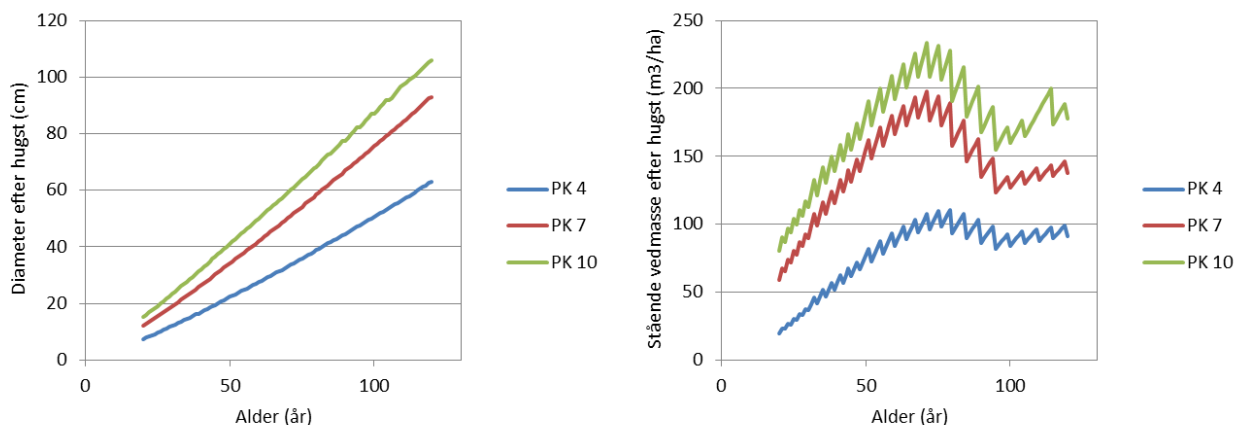


Figur 8. Simuleret udvikling for en generation bøg af PK 4, 8 og 12 med hensyn til bevoksningsdiameter og vedmasse efter tynding

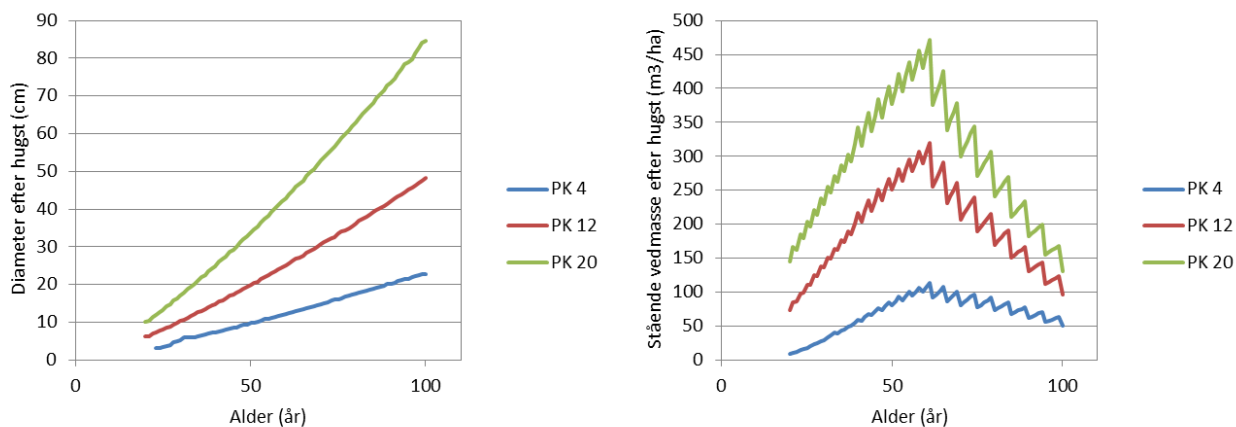


Figur 9. Simuleret udvikling for en generation eg af PK 3, 7 og 11 med hensyn til bevoksningsdiameter og vedmasse efter tynding

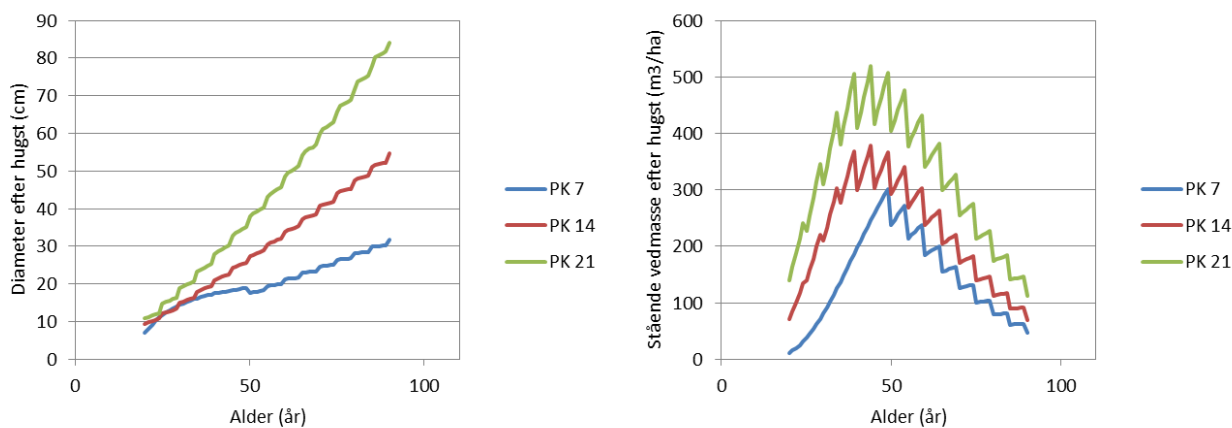
Ask udviser en jævn diameterudvikling, hvorimod vedmassen først er stigende, så faldende og så til sidst (fra 100 år) svagt stigende. For rødgrans vedkommende falder vedmassen jævnt fra det tidspunkt (60 år), hvor afviklingen sætter ind. For sitkagrans vedkommende igangsættes afviklingen så tidligt (40 år), at tilvæksten stadig er meget høj, hvorfor vedmassen først topper lidt senere. For douglasgran og skovfyr's vedkommende foretages ingen egentlig afvikling, og vedmassen konvergerer derfor imod et maksimum givet ved Model iii. Specielt for douglasgran indebærer den høje omdriftsalder, at bevoksningsdiameteren for høje værdier af PK bliver overordentligt stor. Man kan naturligvis overveje, om tilvækstmodellernes forløb er retvisende for de meget høje omdriftsalde, der her er tale om.



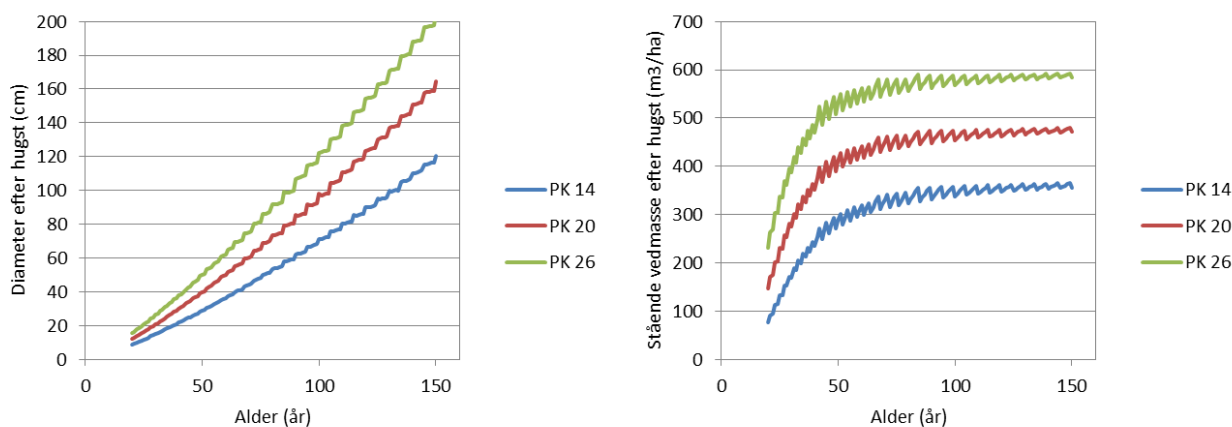
Figur 10. Simuleret udvikling for en generation ask af PK 4, 7 og 10 med hensyn til bevoksningsdiameter og vedmasse efter tynding



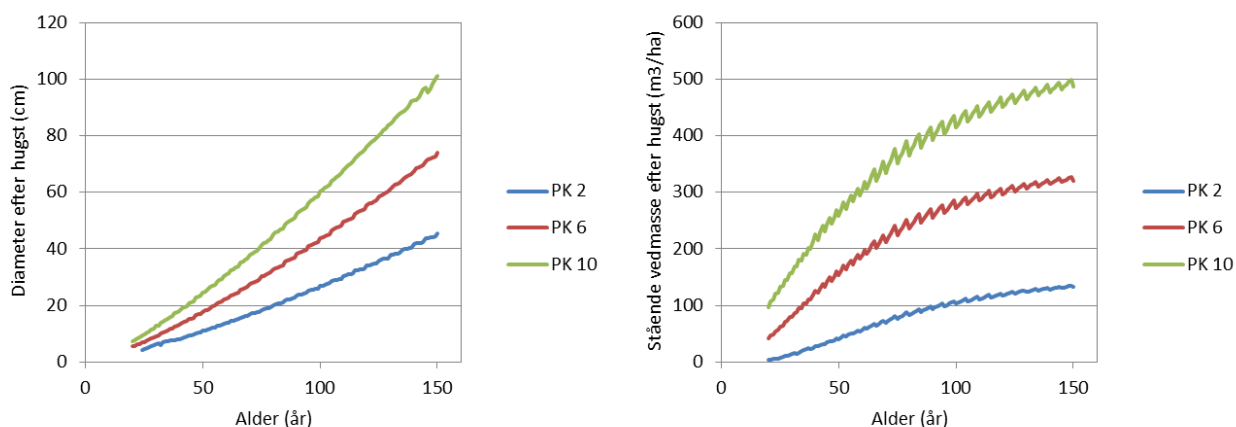
Figur 11. Simuleret udvikling for en generation rødgran af PK 4, 12 og 20 med hensyn til bevoksningsdiameter og vedmasse efter tynding



Figur 12. Simuleret udvikling for en generation sitkagran af PK 7, 14 og 21 med hensyn til bevoksningsdiameter og vedmasse efter tynding



Figur 13. Simuleret udvikling for en generation douglasgran af PK 14, 20 og 26 med hensyn til bevoksningsdiameter og vedmasse efter tynding

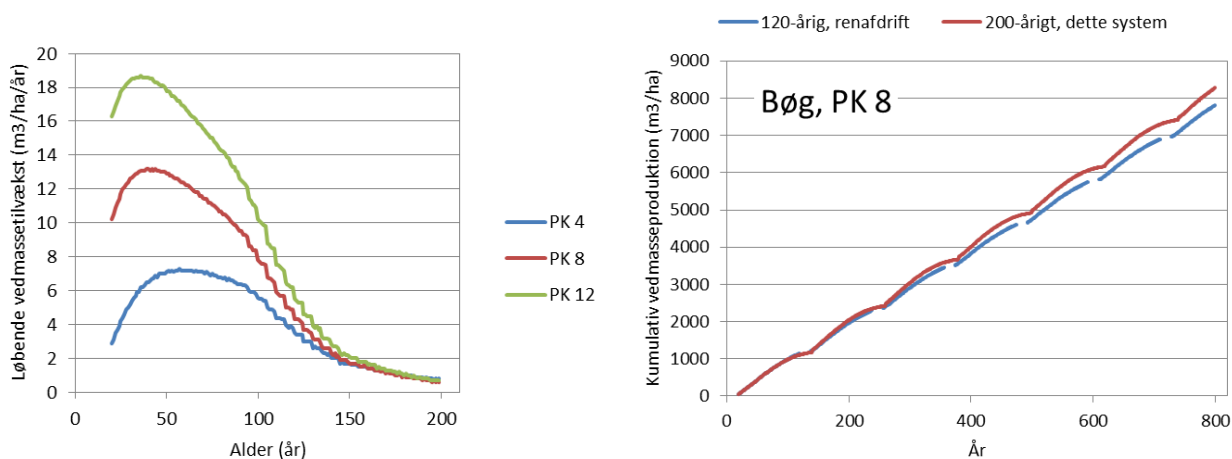


Figur 14. Simuleret udvikling for en generation skovfyr af PK 2, 6 og 10 med hensyn til bevoksningsdiameter og vedmasse efter tynding

4.3.6 Produktivitet

De anvendte forudsætninger om Naturstyrelsens dyrkningspraksis, herunder vedrørende omdriftsaldre og overlap mellem generationer, afviger en del fra de forudsætninger, hvorunder de traditionelle tilvækstoversigter er udarbejdet. Med de stærkt forlængede omdriftsaldre må man regne med, at både spredt dødelighed og mere udbredte skader på bevoksningerne (primært stormfald) vil betyde tab i forhold til tilvækstoversigternes produktionsskøn. Selv når man ser bort fra dødeligheden, kan man være i tvivl om, hvorvidt forudsætningerne er rimelige. Den voldsomme ekstrapolation, der foretages, når der opereres med omdriftsaldre på op til 2-3 gange tilvækstoversigternes maksimale aldre eller produktionsklasser uden for oversigterne, indebærer sandsynligvis betydelige fejlskøn. I forbindelse med foryngelsens udvikling kan man desuden være i tvivl om, hvorvidt de anvendte afviklingsforløb for den ældre generation er i overensstemmelse med antagelserne om, hvornår den nye generation har etableret sig. Nedenfor præsenteres derfor for hver art en figur, som illustrerer udviklingen i den løbende volumentilvækst ved forskellige PK-værdier. Denne giver et indtryk af, hvordan afviklingen spiller sammen med den naturlige nedgang i bevoksningens tilvækst med stigende alder. For den mellemste produktionsklasse af hver art er der desuden foretaget en sammenligning mellem systemets akkumulerede vedmasseproduktion over en 800-årig periode og den vedmasseproduktion, man ville opnå i et traditionelt renaftsystem med omdriftsalder svarende til den anvendte tilvækstoversigt.

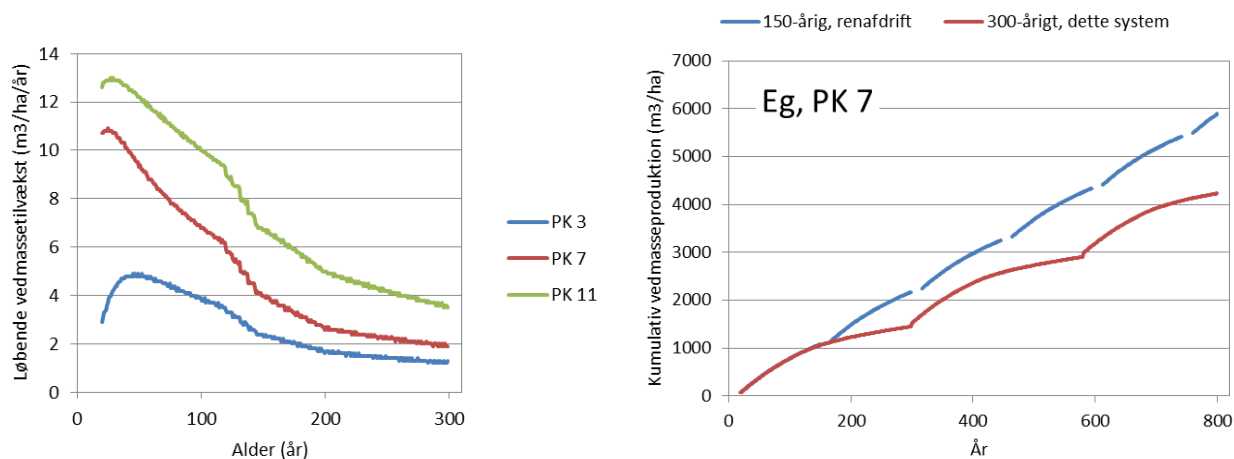
For bøg vedkommende ses, at afviklingsforløbet, der starter før 100-årsalderen, giver anledning til en forstærket nedgang i tilvæksten (trappeagtigt forløb i venstre del af figur 15). Etableringen af den nye generation på et relativt tidligt tidspunkt indebærer dog, at der i det viste eksempel (PK 8) er et overlap mellem generationer på 80 år, hvorfor den her anvendte to-etagerede model har en langtidig produktion, der tilsyneladende overstiger det, man ville opnå for et tilsvarende renaftsystem med en omdriftsalder på 120 år. Forskellen er dog ikke ret stor og forudsætter vækstsymbiose mellem forskellige aldersklasser.



Figur 15. Til venstre: Simuleret løbende volumentilvækst for en generation bøg af PK 4, 8 og 12. Til højre: Sammenligning af almindeligt renaftsystem med 120-årig omdriftsalder med det her anvendte 200-årige system (her med 80 års overlap mellem generationer (PK 8)).

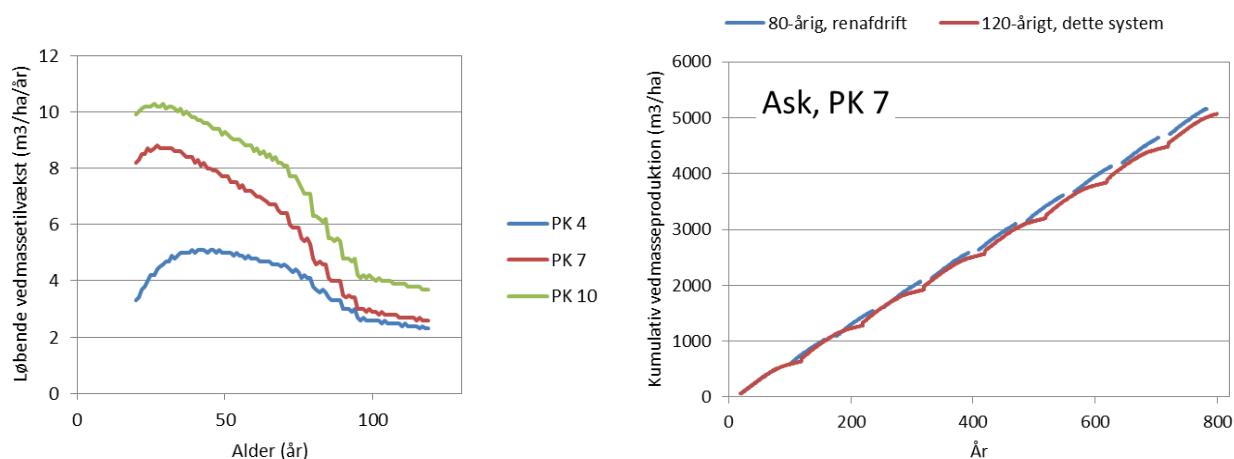
For egs vedkommende sker tilvækstkulminationen i en ung alder (figur 16). Den meget betydelige ekstrapolation i forhold til standardtilvækstoversigtens omdriftsalder på 150 år indebærer, sammen med den delvise afvikling af bevoksningen omkring 120-200 års alderen, at tilvæksten falder betydeligt. Den samlede

virksomhed af dette, og af det begrænsede overlap mellem generationer (20 år), er, at den her anvendte 300-årige driftsform opnår en betydeligt lavere (25-30 procent) langsigtet vedmasseproduktion end et 150-årigt renafdriftssystem.



Figur 16. Til venstre: Simuleret løbende volumentilvækst for en generation eg af PK 3, 7 og 11. Til højre: Sammenligning af almindeligt renafdriftssystem med 150-årig omdriftsalder med det her anvendte 300-årige system (med 20 års overlap mellem generationer).

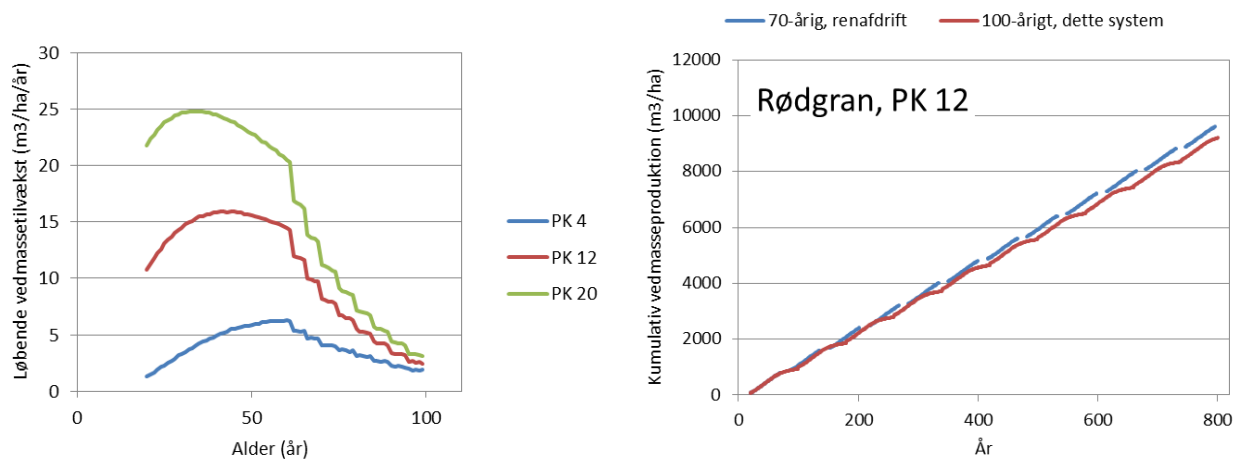
Askens tilvækst kulminerer også tidligt, og der foretages også i dette tilfælde en delvis afvikling af bevoksningen i 60-100-årsalderen (figur 17, venstre del). I modsætning til eg er forlængelsen af omdriftsalderen forholdsvis beskeden (40 år), og de 20 år med overlappende generationer fylder forholdsvis mere. De meget lave tilvækstniveauer, der nås fra 100-årsalderen, får derfor ikke den store betydning for den langsigtede vedmasseproduktion (figur 17, højre del).



Figur 17. Til venstre: Simuleret løbende volumentilvækst for en generation ask af PK 4, 7 og 10. Til højre: Sammenligning af almindeligt renafdriftssystem med 80-årig omdriftsalder med det her anvendte 120-årige system (med 20 års overlap mellem generationer).

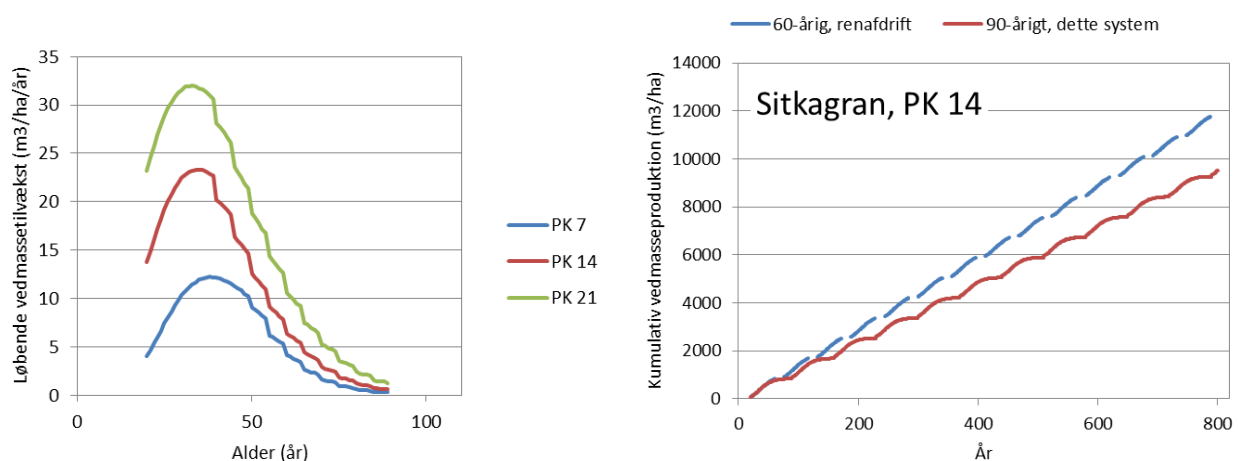
For rødgrans vedkommende starter afviklingen af bevoksningen ved 60 år, og op imod den maksimale alder på 100 år nås meget lave tilvækstniveauer. Ligesom for ask er ekstrapolationen i forhold til de traditionelle

tilvækstoversigter ikke så voldsom (30 år). Samtidig nås de meget lave tilvækstniveauer først omkring 80-90-årsalderen, det vil sige omkring det tidspunkt, hvor en ny generation er ved at etablere sig (20 års overlap). I forhold til et traditionelt renafdriftssystem med en omdriftsalder på 70 år er den langtidige vedmasseproduktion derfor ikke væsentligt reduceret.



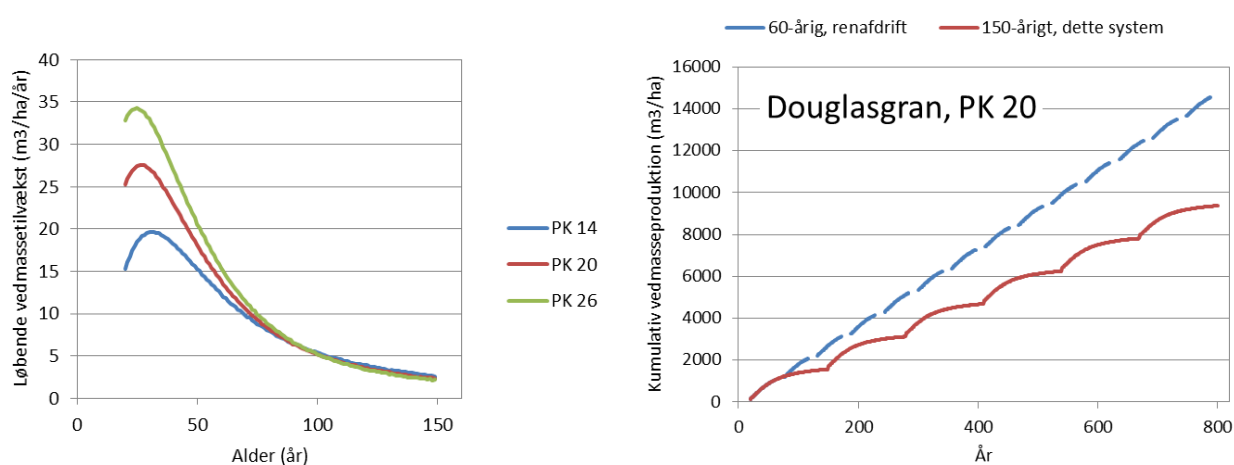
Figur 18. Til venstre: Simuleret løbende volumentilvækst for en generation rødgran af PK 4, 12 og 20. Til højre: Sammenligning af almindeligt renafdriftssystem med 70-årig omdriftsalder med det her anvendte 100-årige system (med 20 års overlap mellem generationer).

For sitkagrans vedkommende starter afviklingen af bevoksningen allerede ved 40 år, og i de sidste 20-30 år af den 90-årige omdrift nås meget lave tilvækstniveauer. Ekstrapolationen i forhold til den traditionelle tilvækstoversigt er af en vis betydning, idet tilvækstoversigten kun går til 60 år. Samtidig nås de lave tilvækstniveauer på grund af den tidligt påbegyndte afvikling, lidt før en ny generation har nået at etablere sig (20 års overlap). I forhold til et traditionelt renafdriftssystem med en omdriftsalder på 60 år reduceres den langtidige vedmasseproduktion derfor en del (cirka 20 procent).



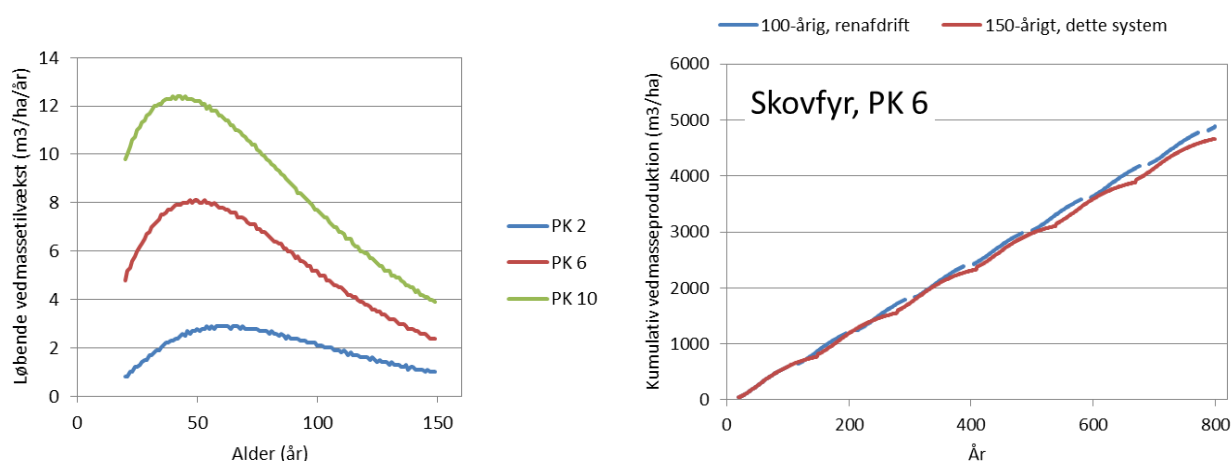
Figur 19. Til venstre: Simuleret løbende volumentilvækst for en generation sitkagran af PK 7, 14 og 21. Til højre: Sammenligning af almindeligt renafdriftssystem med 60-årig omdriftsalder med det her anvendte 90-årige system (med 20 års overlap mellem generationer).

Douglasgranbevoksninger forudsættes ikke afviklet. Her er forløbet af tilvækstkurverne (figur 20, venstre) derfor pænt og glat. Til gengæld er ekstrapolationen i forhold til de traditionelle tilvækstoversigter meget stort, idet der her opereres med en omdriftsalder på 150 år, hvorimod den traditionelle tilvækstoversigt slutter ved en alder på 61 år. Uheldigvis viser det sig, at så stor ekstrapolation (med den valgte funktionstilpasning) indebærer, at der på langt sigt (efter 80-100 års alder) reelt ikke er nogen forskel på lave og høje værdier af PK. Da tilvæksten kulminerer forholdsvis tidligt, nås ret lave niveauer af vedmasse tilvækst allerede før 100-årsalderen. Ligesom for eg antages bevoksningen derfor at gro videre med lav tilvækst i en meget lang årrække, hvorfor den langsigtede vedmasseproduktion bliver betydeligt lavere (25-30 procent) end for et traditionelt renafdriftssystem med en omdriftsalder på 60 år (figur 20, højre side). Det 20-årige overlap med den nye generation er tydeligvis ikke nok til at opveje virkningen af den meget høje omdriftsalder.



Figur 20. Til venstre: Simuleret løbende volumentilvækst for en generation douglasgran af PK 14, 20 og 26. Til højre: Sammenligning af almindeligt renafdriftssystem med 60-årig omdriftsalder med det her anvendte 150-årige system (med 20 års overlap mellem generationer).

På samme måde som for douglasgran anvendes for skovfyr en omdriftsalder på 150 år med et overlap med den efterfølgende generation på 20 år. I dette tilfælde rækker den bagvedliggende tilvækstoversigt dog til en maksimal alder på 100 år og er karakteriseret ved senere tilvækstkulmination og en langsommere aftagende tilvækst, hvorfor den forlængede omdriftsalder i dette tilfælde opvejes af det 20-årige overlap mellem generationer og ikke fører til noget betydeligt tilvæksttab sammenlignet med et renafdriftssystem med en omdriftsalder på 100 år.



Figur 21. Til venstre: Simuleret løbende volumentilvækst for en generation skovfyr af PK 2, 6 og 10. Til højre: Sammenligning af almindeligt renafriftssystem med 100-årig omdriftsalder med det her anvendte 150-årige system (med 20 års overlap mellem generationer).

4.4 Rentefod

Der regnes med to forskellige diskonteringsfaktorer:

- 1) Fast realrente på 2 procent per år, hvilket afspejler en typisk rentefod for skovbrugsinvesteringer, og derfor benyttes ved prioriteringer inden for skovbruget.
- 2) En aftagende rentefod (4 procent de første 35 år, 3 procent indtil år 70 og 2 procent derefter), hvilket afspejler den af Finansministeriet anbefalede diskontering for velfærdsøkonomiske beregninger (Finansministeriet, 2017). Problemet med denne for nærværende beregning er, at der ikke kan udregnes en entydig værdi for fremtidige bevoksninger – fordi denne afhænger af, hvornår den nuværende bevoksning er afviklet. Til prioriteringer mellem træarter for eksempel giver det derfor inkonsistente beregninger. Til beregning af de samlede velfærdsøkonomiske konsekvenser bør denne dog benyttes.

4.5 Gyldighedsområde

De beregnede og estimerede værdier dækker nogenlunde de diameter/volumen/alder-kombinationer, som vi på baggrund af materiale fra Naturstyrelsen vurderer findes på arealerne. På baggrund af værdierne er der estimeret nogle polynomier for værdierne. Gyldighedsområderne fremgår af regnearket *gyldighedsområde.xlsx*. Man skal dog være opmærksom, hvis man har bevoksninger, som falder uden for dette gyldighedsområde. Yderligere bør man være opmærksom på de i afsnit 5.4 nævnte ekstrapolationer, særligt i forhold til ekstrapolation til meget lave PK'er og ved kraftig forlængelse af omdriftsalderen.

5. Vejledning i anvendelse af resultaterne

Antagelserne vedrørende driftsformer er som beskrevet baseret på et af Naturstyrelsen foretaget skøn over forvaltningspraksis – som værende dækkende for en typisk bevoksning. Dette er gjort for at gøre beregningerne gennemskuelige og sammenlignelige. Men det gør, at praksis kan afvige fra antagelserne på

konkrete arealer. Ønsker man derfor beregninger for meget specifikke forhold, bør resultaterne her ikke benyttes.

Resultaterne angiver venteværdier for bevoksninger – delt op i kapitalværdi af den nuværende bevoksning og venteværdi (kapitalværdi) af alle fremtidige bevoksninger på arealet. For at finde en tilnærmet værdi til en bestemt bevoksning har man brug for følgende informationer: træart, PK (produktionsklassen), D0 (diametere), V0 (volumen) og alderen. Man skal desuden beslutte, om man vil benytte en fast rentefod eller en faldende rentefod. Til prioriteringer inden for skovbrugsområdet anbefaler vi at benytte en fast rentefod, men skal man lave beregninger af de samfundsøkonomiske konsekvenser, bør man benytte en faldende rentefod.

Man kan enten benytte tabelopslag fra regnearkene *Resultater_træart.xlsx* og så foretage interpolationer mellem de mest nærliggende værdier (resultaterne er ordnet i følgende rækkefølge: PK, alder, D0, V0) eller benytte de tilhørende polynomier (angivet i samme regneark). Sidstnævnte beskrives nærmere i afsnit 6.1.

Træartsblandinger kan håndteres ved forholdstalsregning. Har man for eksempel 60 procent bøg og 40 procent andet løv, regnes det som $0.6 \cdot \text{Værdi_BØG} + 0.4 \cdot \text{Værdi_ALO}$.

5.1 Beregning af værdi hvis der ikke forventes træartsskifte

Beregningerne af omkostninger ved omlægning til urørt skov baserer sig på alternativomkostninger, det vil sige, hvad tabet er, ved at man ikke kan fortsætte driften som planlagt. Det svarer til den tabte produktionsværdi, altså venteværdien.

Hvis man påregner at benytte samme træart i næste generation, bruger man ved tabelopslag lettest *Venteværdi nu i alt fra fast rente PV eller faldende rente PV*. Det samme resultat fås ved at regne:

"Kapitalværdi nuværende bevoksning kr./ha" + "Venteværdi ved alder 20 år af fremtidig bevoksning kr./ha" / (1 + rentefod)^{tid tilbage af rotationen},

hvor rentefoden afhænger af, om den er faldende eller fast. Hvis der er tale om en faldende rente, skal der korrigeres for, hvor langt ude i fremtiden den fremtidige bevoksning påbegyndes. Hvis den for eksempel vil have en alder på 20 år om 72 år, benyttes en rentefod på 2 procent. Hvis den derimod har en alder på 20 år om 35 år, benyttes en rentefod på 3 procent (se også afsnit 7.5 nedenfor).

Som alternativ til tabelopslag kan man benytte polynomier, hvorved man undgår at skulle lave interpolationer. Man skal her være opmærksom på, at kommer man uden for gyldighedsområdet (se afsnit herom), kan man få særlige resultater.

Polynomierne benyttes ud fra samme logik som tabelopslagene, det vil sige:

"Polynomium nuværende bevoksning" + "polynomium fremtidig bevoksning" / (1 + rentefod)^{tid tilbage af rotationen}.

Parametrene i polynomierne fremgår af resultatregnearkene. De følger følgende funktionelle form:

For venteværdier af fremtidige bevoksninger følges et polynomium af 2. orden i tid, til bevoksningen har en alder på 20 år, og af PK. Altså:

$$\text{Venteværdi} = a_1 + a_2 \cdot \text{tid} + a_3 \cdot \text{PK} + a_4 \cdot \text{tid}^2 + a_5 \cdot \text{PK} \cdot \text{tid},$$

hvor *tid* er tiden, til bevoksningen har en alder på 20 år, og a_i er estimerede parametre.

For kapitalværdier af den nuværende bevoksning beregnes polynomiet som:

$$a_1 + a_2PK + a_3alder + a_4DO + a_5VO + a_6PK \cdot alder + a_7PK \cdot DO + a_8PK \cdot VO + a_9alder \cdot DO + a_{10}alder \cdot VO + a_{11}DO \cdot VO + a_{12}PK^2 + a_{13}alder^2 + a_{14}DO^2 + a_{15}VO^2 + a_{16}alder^3.$$

Polynomierne er valgt, så ovenstående specifikationer kan bruges til alle træarter – selv om man i princippet godt kunne finde nogen, der passer bedre på den enkelte træart. To steder er det værd at bemærke større afvigelser:

De små PK i sitkagran hugger man først meget sent i. Det gør, at polynomierne passer dårligt her. Men i absolutte tal betyder det ikke ret meget, fordi værdierne her også er små.

For eg fås for lave aldre negative værdier i polynomiet. Dette svarer ikke til de beregnede værdier, for så store er kulturetableringsomkostningerne ikke. I mindre grad sker det også for andre arter. Man kan argumentere for, at den aktuelle tilstand af en meget ung bevoksning ikke siger ret meget om, hvordan bevoksningen udvikler sig. En mulighed er derfor at benytte værdier i meget unge aldre, som følger standardbevoksninger, det vil sige udelukkende afhænger af PK og alder. Til dette har vi i regnearkene *fast rente kapitalværdi stand*[ard bevoksning] og *faldende r, kapi.værd. stand* lavet polynomier, som approksimerer kapitalværdien af den nuværende bevoksning, hvis de følger standardbevoksninger. Polynomierne her er af formen:

$$a_1 + a_2Alder + a_3PK + a_4 \cdot alder^2 + a_5PK \cdot alder + a_6PK^2 + a_7 \cdot PK \cdot alder^2 + a_8 \cdot PK^2 \cdot alder^2 + a_9PK^3.$$

Disse foreslås benyttet ved aldre under 20 år for samtlige træarter samt ved aldre 20-40 år, hvor der er store afvigelser. Dette er tilfældet i eg.

I regnearkene er angivet, hvordan man benytter polynomierne. Regnearkene indeholder også figurer af de estimerede og beregnede værdier, så man kan danne sig et overblik.

Endelig indeholder resultatregnearkene også en kolonne, der angiver, hvor meget man kan minimere omkostningerne ved omlægning til urørt skov, hvis man realiserer en del af vedmassen inden. Der er regnet på, at man fjerner alt over 200 m³/ha. Der er ikke lavet interpolationer på denne del, så her skal man benytte tabelopslag.

Bjergfyr drives som plukhugst i al evighed, og det antages derfor, at man ikke skifter træart. Der er derfor alene beregnet værdier af den eksisterende bevoksning. For at kunne benytte samme opslagslogik som for de øvrige arter udregnes den samlede værdi dog også – den er blot lig værdien af den eksisterende bevoksning.

5.2 Beregning af værdi hvis der forventes træartsskifte

Hvis man forventer et træartsskifte, for eksempel fordi man har en politik om at nedbringe arealet af visse træarter, kan man regne dette præcist som ovenfor, men man er nødt til at adskille den eksisterende og den fremtidige bevoksning. Derudover skal man korrigere for eventuelle forskelle i kulturetableringsomkostninger.

$$\text{"Polynomium nuværende bevoksning"} + \text{"polynomium fremtidig bevoksning"} / (1 + \text{rentefod})^{\text{"tid tilbage af rotationen"}} - \text{"forskel i etableringsomkostninger"} / (1 + \text{rentefod})^{\text{"tid til omkostningerne afholdes"}}.$$

Nedenstående tabel viser Naturstyrelsens skøn for omkostninger ved skift i træart og ved at bibeholde træarten. De er angivet for skovudviklingstyper.

Tabel 5. Kulturmodeller anvendt af Naturstyrelsen, 2. oktober 2017

Skovudviklingstype	
	11 Bøg
	12 Bøg med ask og ær
	13 Bøg med douglasgran og lærk
	14 Bøg med gran
	21 Eg med ask og avnbøg
	22 Eg med lind og bøg
	23 Eg med skovfyr og lærk
	31 Ask og rødæl
	41 Birk med skovfyr og gran
	51 Gran med bøg og ær
	52 Sitkagran og fyr med løvtræ
	61 Douglasgran, rødgran og bøg
	71 Ædelgran og bøg
	81 Skovfyr birk og rødgran
	82 Bjergfyr
Uden træartsskifte	5.000
Med træartsskifte	20.000
Uden træartsskifte	5.000
Med træartsskifte	20.000
Uden træartsskifte	5.000
Med træartsskifte	15.000
Uden træartsskifte	5.000
Med træartsskifte	15.000
Uden træartsskifte	10.000
Med træartsskifte	20.000
Uden træartsskifte	10.000
Med træartsskifte	20.000
Uden træartsskifte	10.000
Med træartsskifte	20.000
Uden træartsskifte	5.000
Med træartsskifte	10.000
Uden træartsskifte	5.000
Med træartsskifte	10.000
Uden træartsskifte	10.000
Med træartsskifte	15.000
Uden træartsskifte	10.000
Med træartsskifte	15.000
Uden træartsskifte	10.000
Med træartsskifte	20.000
Uden træartsskifte	5.000
Med træartsskifte	10.000
Uden træartsskifte	3.000
Med træartsskifte	10.000

6. Illustration af udvalgte resultater

Resultaterne for de enkelte træarter fremgår af regnearkene *resultater_art.xlsx*. Dette er hovedresultaterne af projektet og er ment som et regneredskab til brug for Naturstyrelsen. I det følgende beskrives nogle generelle aspekter og størrelsesordener af de beregnede værdier. Bemærk, at dette ikke er repræsentativt for de arealer, der udpeges, da en sådan vurdering ikke indgår her.

Resultaterne opdeles i værdier af den eksisterende bevoksning og af den fremtidige bevoksning. Dette gøres for at tillade, at nuværende bevoksning afviger fra standardantagelserne, for eksempel fordi den har meget lavere eller højere vedmasse, end man normalt antager. På baggrund af data fra Naturstyrelsen er der ganske store afvigelser fra standardantagelserne på Statens skovarealer, hvilket har stor betydning for værdien af bevoksningen, da den nuværende bevoksning er den økonomisk mest betydningsfulde for kapitalværdien. Det er hensigten med nærværende rapport, at Naturstyrelsen selv kan applikere beregningsresultaterne på deres arealer ved brug af de tilhørende excelark. Der er således ikke foretaget beregninger af, hvordan Statens skovarealer fordeles i det spænd, der udspændes i beregningerne. De resultater, der fremgår af regnearkene, er alene udtryk for det udfaldsrum, som er analyseret. For at se nærmere på resultaterne fokuserer vi i det følgende på standardbevoksninger, det vil sige bevoksninger, som følger tilvækstoversigterne. Med mindre andet er angivet, er resultaterne vist for en fast rente, da det er den variant, som giver mest mening ved sammenligning inden for skovbruget.

6.1 Sammenligning af kapitalværdier mellem træarter

Tabel 6 nedenfor angiver kapitalværdien af en bevoksning ved start, det vil sige en alder på 0 år. Det er altså en tilnærmelse til en jordværdi. Tilnærmelsen består i, at der står en overetage på arealet. Overetagen er ikke medregnet i værdierne. Alligevel skal man være varsom med sammenligninger mellem træarter, fordi det kan variere, hvor meget overetagen beskytter – og hvor meget beskyttelse en given træart kræver. Resultaterne er ikke fuldt sammenlignelige mellem træarter, da der for alle arter antages en overetage, som beskytter mere eller mindre. Særligt for bøg er sammenligningen problematisk, da overetagen her strækker sig meget langt ud i fremtiden. Bemærk, at PK heller ikke kan sammenlignes mellem træarter – et areal, som resulterer i én PK for en træart, resulterer i en anden PK for en anden træart. For bjergfyr er der ikke angivet nogen værdi, da der ikke kan approksimeres en jordværdi, fordi systemet drives i plukhugst, og en jordværdi derfor ikke er defineret, og fordi Naturstyrelsen ikke har etablering af nye bjergfyrbevoksninger i deres planer.

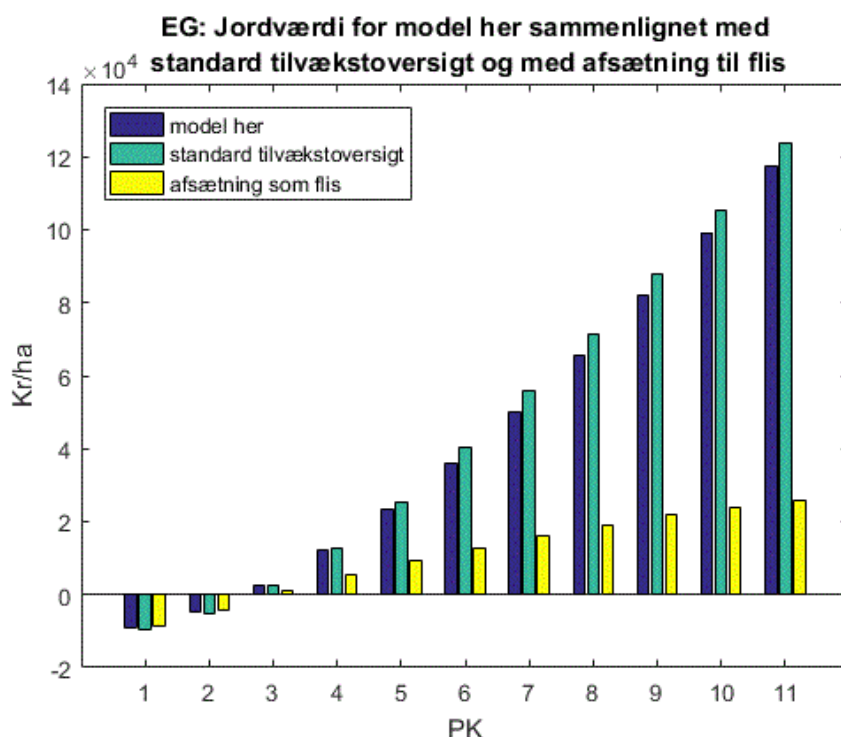
Tabel 6. Kapitalværdier af standardbevoksninger ved alder 0

	BØG	EG	ASK	ALO	RGR	SGR	DGR	SKF
PK	kr./ha	kr./ha	kr./ha	kr./ha	kr./ha	kr./ha	kr./ha	kr./ha
1		-9172						-3434
2	2946	-4731	2007	-364	-9821	-8384	-9752	-1321
3	12086	2656	8999	4264	-6779	-5261	-7237	1160
4	21921	12018	16321	8463	-3727	-5983	-3657	4140
5	32050	23200	23059	12159	-519	-210	-129	7297
6	41925	35960	29375	15340	2876	932	3699	10587
7	51781	50162	35102	18016	6420	4251	7357	13946
8	63501	65531	40677	20412	10145	4425	10989	17372
9	73217	81903	45626	22310	14190	7260	14324	20782
10	82721	99267	51010	24094	18311	11424	17455	24148
11	92147	117503			22557	15821	20444	
12	101456				26961	20383	23275	
13	110848				31472	25069	26049	
14	120198				36134	29920	28750	
15					40909	34844	31376	
16					45739	39757	33915	
17					50635	44727	36476	
18					55586	49651	39008	
19					60593	54440	41474	
20					65672	59085	43909	
21					70891	63442	46330	
22					76316	67648	48711	
23						71536	51277	
24						75071	53612	
25							56238	
26							58440	

Note: Bemærk, at de har forskellig overetage. Værdierne er derfor ikke direkte sammenlignelige. Bemærk også, at en given lokalitet ikke vil have samme PK for forskellige træarter.

6.2 Vurdering af antagelserne omkring tilvækst og driftsform

Som allerede nævnt bygger beregningerne på anvendelse af skovudviklingstyper, approksimeret med tilvækstoversigter for ensaldrede bevoksninger. Tre forhold er af særlig betydning: Det antages, at bevoksninger kan forynges under en overetage uden tab af tilvækst; at omdriftsalderen forlænges betydeligt, og for nogle træarter resulterer det i en nedsat vækst; og at de ekstensive kulturer ikke resulterer i ringere kvalitet i fremtiden. For at belyse betydningen af disse antagelser vises nedenfor for eg kapitalværdierne ved kulturetablering af de modellerede bevoksninger sammenholdt med 1) en bevoksning som drives uden overlap mellem generationer og med en omdriftsalder, som ikke går længere end til tilvækstoversigternes maksimalalder, 2) en bevoksning som drives som den modellerede, men hvor al vedmasse i fremtiden afsættes til flis (det vil sige ringeste kvalitet). Tilsvarende figurer for de øvrige træarter er vist i bilag 2.



Figur 22. Tilnærmede (det vil sige, overetage er ikke medregnet) jordværdier for eg for forskellige driftsformer

Note: Modellen angiver de antagelser, der arbejdes med i nærværende udredning. "Standard tilvækstoversigt" refererer til en driftsform svarende til den, der ligger til grund for tilvækstoversigten. "Afsætning som flis" er en følsomhedsberegning for at vise, hvad konsekvenserne er, hvis antagelsen, om at kvaliteten er upåvirket af driftsformen, ikke holder – og man opnår lavest tænkelige kvalitet.

Med hensyn til antagelserne, om at kulturen kan etableres under overetagen, og at der benyttes en længere omdrift end sædvanligt, er det to faktorer, som trækker i hver sin retning med hensyn til kapitalværdien. Det gør også, at for en del arter ses ikke store forskelle mellem kapitalværdierne for de to systemer. For SGR, DGR, SKF bliver det dog til lidt lavere kapitalværdier i det valgte driftsform sammenlignet med en standard tilvækstoversigt, mens det for bøg ved høj PK er modsat. For bøg er det værd at bemærke, at driftsformen

svarende til standardtilvækstoversigten heller ikke foreskriver selvforyngelse, men det vil være det, man benytter i langt de fleste tilfælde. For denne sammenligning antages desuden ingen forskel i kulturetableringsomkostninger, hvilket vil gøre modellerne for driftsformen svarende til standardtilvækstoversigter relativt dyrere, hvis det indregnes.

I forhold til antagelserne, om at de ret lave kulturomkostninger kan føre til samme kvalitet af vedproduktionen som i dag, kan man sammenligne med den gule søjle, som angiver den værst tænkelige situation, hvor al træet afsættes som flis. Det vil resultere i en halvering af kapitalværdien for flere af træarterne – værst for de træarter som i dag afsættes som kvalitetstræ. For eksempel vil det for EG, som vist ovenfor, resultere i endnu mere end en halvering af kapitalværdierne. ALO derimod antages i forvejen afsat som flis, og derfor er værdierne i dette tilfælde ikke forskellige. Det er dog næppe al vedmassen, der vil blive afsat som flis – så virkeligheden vil med stor sandsynlighed ligge et sted mellem den blå og gule søjle.

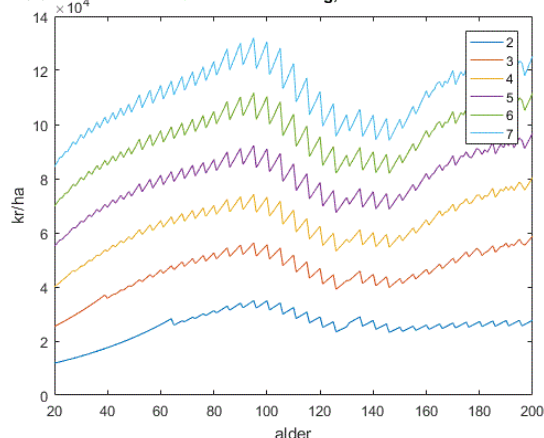
Endelig er det værd at bemærke, at beregningerne her ikke inkluderer stormfaldsrisiko. Den vil nedsætte værdierne betragteligt især for arter som RGR, SGR, DGR, og endnu mere for de valgte driftsformer med meget længere omdriftsaldre, end man normalt vil operere med.

6.3 Udvikling i venteværdier over tid for standardbevoksninger

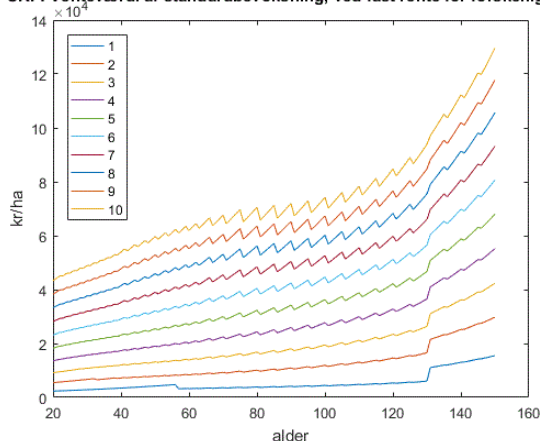
Antager man, at bevoksningernes drift følger den form, de har i dag, i al evighed (en standardantagelse), kan man udregne venteværdien afhængigt af bevoksningens aktuelle alder. Nedenstående figur for bøg PK under 8 og SKF illustrerer venteværdiudviklingen startende med en 20-årig bevoksning. Tilsvarende figurer er vist for de øvrige træarter i bilagene. Da venteværdien afspejler værdien af alle fremtidige afkast, vil den alt andet lige være højere for højere PK og alder. Afvikles en bevoksning i et snævert tidsinterval, vil venteværdien også typisk være højere lige inden afdrift, end hvis den afvikles over en længere periode – fordi man så at sige har ventet på, at kapitalen akkumuleres. Derfor ser man, for alle arter undtagen bøg og bjergfyr, at venteværdien stiger kraftigt og falder brat ved afdrift. Her falder den ned til venteværdien ved 20 år, da der antages et overlap mellem to bevoksninger på 20 år. For bøg falder den brat ned til venteværdien af den alder, underetagen har, når overetagen fjernes, det vil sige 80 år ved PK 8 og derover og 60 år for PK under 8. Venteværdierne for bøg under 80 henholdsvis 60 år er alene venteværdier af underetagen. Disse er vist, fordi konverteringen til det valgte driftsform stadig pågår, og der vil derfor findes ensaldrede yngre bevoksninger. Ligeledes vil denne type bevoksninger findes i skovrejsnings-områder. For bjergfyr er venteværdien stort set konstant (da der hugges en fast mængde hvert femte år, det vil sige, den eneste afvigelse er fem års diskontering). Derfor er den ikke vist.

For en del arter, vist i bilagene, ses et fald i venteværdien, når man når en vis alder og begynder at hugge træer at stor størrelse. Det sker, samtidig med at tilvæksten er aftagende, der udføres hugst fra toppen, og omdriftsaldrene er ud over det økonomisk optimale. Derfor er venteværdimønstrene noget anderledes, end man typisk ser.

BOG: Venteværdi af standardbevoksning, ved fast rente for forskellig PK



SKF: Venteværdi af standardbevoksning, ved fast rente for forskellig PK



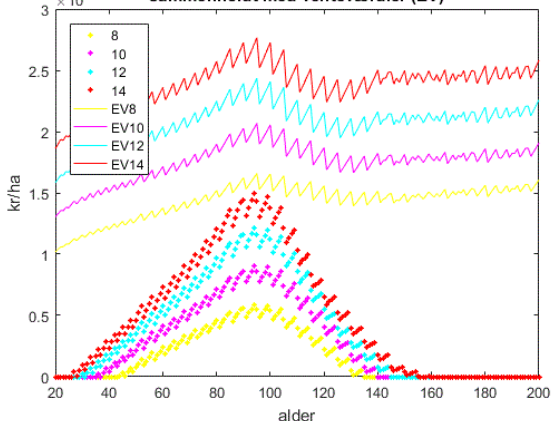
Figur 23. Venteværdier for standardbevoksninger, det vil sige bevoksninger, som ikke afviger i diameter og volumen fra det typiske for en given PK

Note: For bøg skal man være opmærksom på, at man efter alder 140 har en underetage tillige. I illustrationen er der ikke medregnet værdien af en overetage de første år.

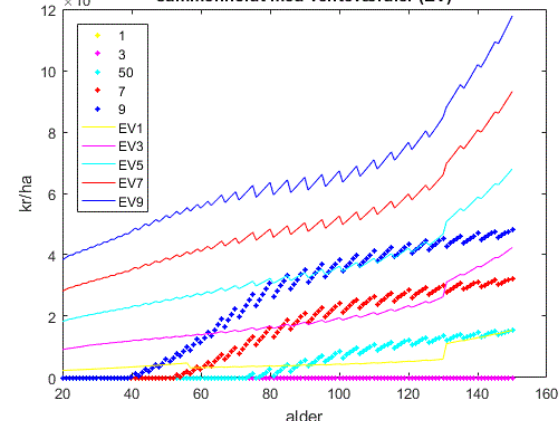
6.4 Betydningen af muligheden for at kunne realisere en del af den stående vedmasse inden udlægning

Omkostningen ved omlægning til urørt skov er kapitalværdien af den eksisterende bevoksning og alle fremtidige bevoksninger. Hvis man realiserer en del af vedmassen inden, kan man mindske denne omkostning. Hvor meget afhænger af, hvor meget vedmasse der står på arealet i dag. I nedenstående figurer er venteværdien vist for standardbevoksninger ved forskellig PK for BØG og DGR, sammenholdt med hvor meget man vil kunne reducere denne alternativomkostning med, hvis man tillader hugst ned til en stående masse på 200 m³/ha. Tilsvarende figurer er vist i bilagene for de andre arter. Som det ses, kan der være tale om betragtelige reduktioner, særligt for bevoksninger der er midaldrende – det vil sige umiddelbart inden foryngelseshugst foretages. For DGR og SKF ser man dog et stigende realiserings-potentiale – fordi den stående vedmasse ikke aftager i samme omfang, som for de øvrige arter.

BOG: realiseringsværdi af volumen over 200 m³ nu (punkter) sammenholdt med venteværdier (EV)



SKF: realiseringsværdi af volumen over 200 m³ nu (punkter) sammenholdt med venteværdier (EV)

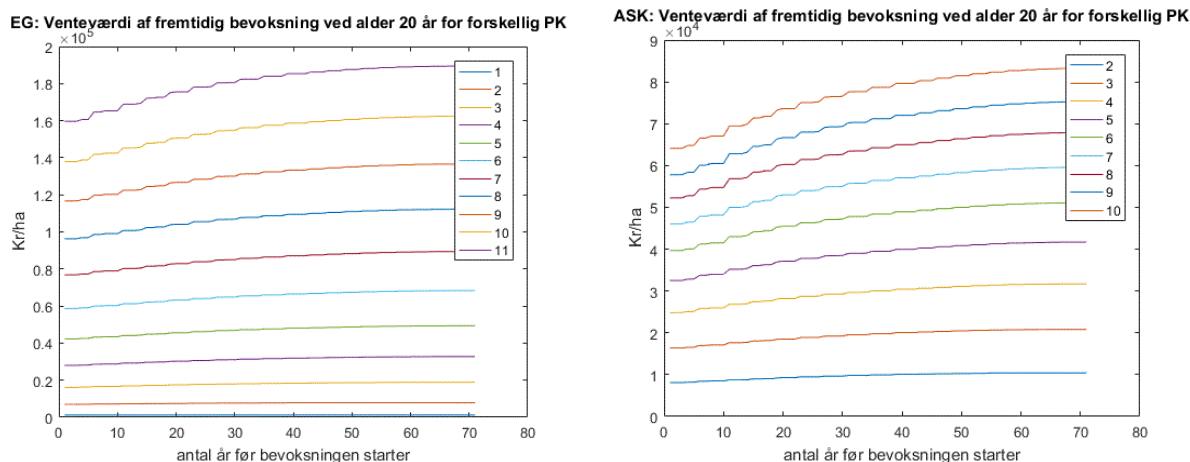


Figur 24. Sammenligning af venteværdier for standardbevoksninger og mulighed for realiseringsværdi ved en given alder og forskellige PK-værdier

I bøg begynder man relativt tidligt at forynge, hvorfor realiseringspotentialet er stort tidligt, mens det for de fleste andre træarter toppe senere.

6.5 Betydningen af at benytte faldende diskonteringsrate i stedet for en fast

For samfundsøkonomiske beregninger anbefaler Finansministeriet, at man benytter en faldende diskonteringsrate på 4 procent de først 35 år, dernæst 3 procent indtil 70 år og dernæst 2 procent. Gør man det, diskonteres beløb, der forfalder snart, relativt mere end ved en fast diskonteringsrate på 2 procent. Figurerne nedenfor viser betydningen for venteværdien af, hvor langt ude i fremtiden den påbegyndes. Den er udtrykt ved alder 20 år. Som det ses, stiger venteværdien ved alder 20 år, jo længere ude i fremtiden den påbegyndes – fordi de udgifter og indtægter, der er knyttet til bevoksningen, diskonteres med en lavere rente. Effekten er den samme for forskellige træarter og er her vist for eg og ask. Eg er lidt fladere, fordi omdriften er lang, så selv når man påbegynder bevoksningen, vil en del af betalingsstrømmene først ligge langt ude i fremtiden. Ask har en kortere omdrift, og derfor er figuren lidt stejlere.



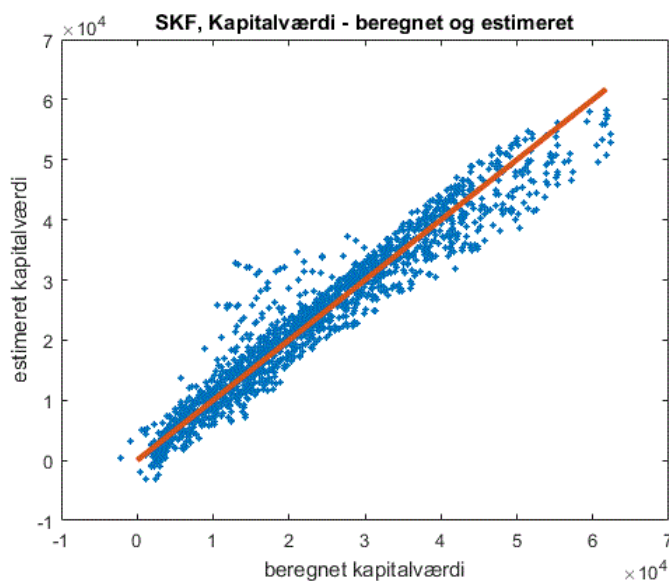
Figur 25 Betydning for venteværdien (af en fremtidig bevoksning ved alder 20 år) af hvor langt ude i fremtiden bevoksningen påbegyndes

For den nuværende bevoksning vil brug af en faldende diskonteringsrate have den konsekvens, at nære indtægter og udgifter vægtes relativt mere, end hvis man benyttede en fast (lav) diskonteringsrate.

6.6 Præcision af anvendte polynomier

For at estimere venteværdier af fremtidige bevoksninger benyttes et polynomium af 2. grad i forhold til PK, og i forhold til hvor langt ude i fremtiden bevoksningen har en alder på 20 år. Sidstnævnte er kun relevant ved faldende diskontering. Disse giver generelt et meget godt fit (R^2 tæt på 1) og kan benyttes uden videre.

Polynomiet for værdien af den eksisterende bevoksning er sværere at få til at passe, da der er tale om et flerdimensionelt rum, det vil sige en funktion af både alder, PK, diameter og volumen. Figuren nedenfor viser den prædikterede værdi af kapitalværdien for den nuværende bevoksning af SKF sammenholdt med den estimerede for samtlige af de beregnede kombinationer (det vil sige ikke kun standardbevoksninger) ved en fast rente på 2 procent. For de fleste arter er den relative afvigelse begrænset.



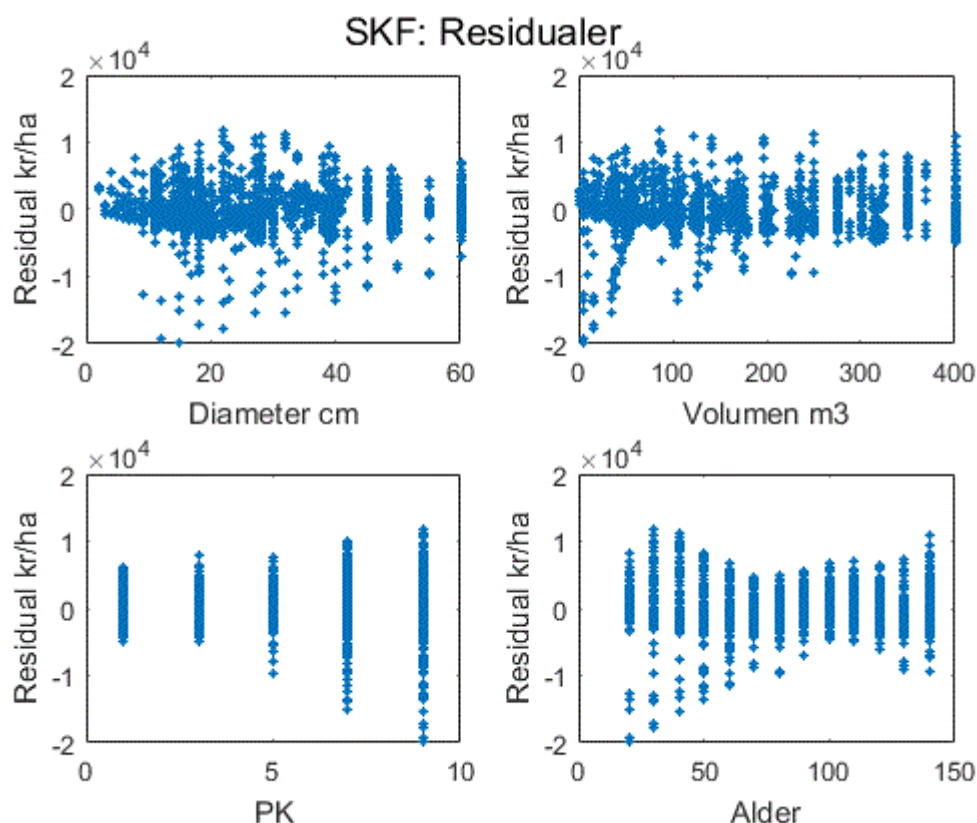
Figur 26. Illustration af præcision af det polynomium som benyttes for at estimere kapitalværdien af den eksisterende bevoksning

Note: Den røde linje angiver en korrekt præcision, mens de blå firkanter angiver med polynomiet estimerede kapitalværdier i forhold til de estimerede.

Der er heller ikke tale om, at store afvigelser knytter sig specielt til diameter, volumen, PK eller alder – om end den absolutte fejl stiger med værdien af de enkelte variable (for eksempel PK). Dette er illustreret i figur 27 for SKF, men det samme gør sig gældende for de andre arter, jævnfør bilagene.

Fejlene udviser ikke en systematisk skævhed. De vil derfor være størst, hvis man laver beregninger på bevoksningsniveau, mens man ved beregninger af for eksempel blot 20 bevoksninger på én hektar får en udligning mellem bevoksninger, så den samlede værdi ikke afviger så meget. Hvor meget det i praksis betyder, afhænger af skovens opbygning. Dette er der ikke regnet på i nærværende rapport, da det kræver, at man tager udgangspunkt i bestemte bevoksninger.

Ser man på de store afvigelser, så opstår de typisk, hvor der er en meget afvigende diameter/volumen-kombination – for eksempel meget få og samtidig tynde træer. For almindelige bevoksninger vurderes estimationsfejlen ikke at være større end mange af de antagelser for gennemsnitsbehandlinger, man alligevel arbejder med.



Figur 27. Afvigelser for de polynomier der er anvendt til estimering af kapitalværdien af den eksisterende bevoksning i forhold til diameter, volumen, PK og alder

Note: Her er vist afvigelse for skovfyr.

7. Afsluttende kommentarer vedrørende de driftsøkonomiske beregninger

Beregningerne i rapporten leder til en række kapitalværdiestimer for nuværende og fremtidige bevoksninger på Statens skovarealer. Disse kan bruges til at estimere alternativomkostningen, det vil sige, hvad man taber på driften, hvis man lægger arealer ud til urørt skov. Værdierne varierer meget afhængigt af de eksisterende bevoksningers struktur – diameter, alder, volumen, PK og træart. Da vi ikke har regnet på konkrete arealer, er der heller ikke foretaget beregninger af, hvad en given omlægning vil koste.

For standardbevoksninger kan man lettest se de samlede alternativomkostninger af venteværdiberegningerne i afsnit 6.3 og det tilhørende bilag.

Generelt anbefaler vi, at man benytter estimerne med en fast rentefod for driftsøkonomiske forhold, fordi brug af en faldende rente leder til irregulariteter ved fastsættelse af omdriftsalder og betydningen af kapitalstrømme. Hvis man vil lave sammenligninger til andre sektorer ud fra en velfærdsøkonomisk betragtning, kan det dog være hensigtsmæssigt at benytte beregningerne med en faldende diskonteringsrate over tid.

8. Samfundsøkonomiske konsekvenser

I ovenstående er beskrevet et værktøj til at vurdere de driftsøkonomiske konsekvenser af udlægning til urørt skov. Udlægningen har imidlertid også samfundsøkonomiske konsekvenser. Når den endelige udpegning foreligger, kan redskabet bruges til at beregne de samlede alternativomkostninger. Til dette bør man benytte beregningerne med en faldende diskonteringsrente. Yderligere skal der korrigeres for nettoafgiftsfaktoren som er 1.325 (Finansministeriet, 2017).

Udlægning af urørt skov kan også have andre konsekvenser af relevans for samfundet, herunder af betydning for arbejdsmarkedet, for træindustrien samt for ikke markedsomsatte goder som biodiversitet, kulstof og rekreation. Disse behandles kortfattet i det følgende. Da konsekvenserne afhænger af, hvilke konkrete arealer man udpeger, er der ikke foretaget beregninger, men udelukkende beskrevet, hvad der vil skulle indgå i sådanne beregninger.

8.1 Betydning for arbejdsmarkedet

Naturstyrelsen forvalter i dag cirka 200.000 ha og har cirka 700 ansatte. Yderligere benyttes entreprenører på arealerne. Skovsektoren i Danmark beskæftiger cirka 5.600 årsværk (Nord-Larsen et al., 2016). Det samlede danske skovareal er på cirka 600.000 ha (Nord-Larsen et al., 2016). Det vil sige, der er cirka 0,009 årsværk/ha. En meget grov beregning ville sige, at hvis man antager, at arbejdsindsatsen er ligeligt fordelt på arealer og udelukkende relateret til egentlig skovdrift, så ville konsekvensen af at udlægge 10.000 ha til urørt skov være 9 årsværk – hvis de ikke kunne finde alternativ beskæftigelse. Imidlertid er det næppe sandsynligt, at årsværkene alene relaterer sig til egentlig skovdrift – ej heller, at de arealer, som udlægges, kræver gennemsnitligt ligeså meget drift som andre arealer. Yderligere vil nogle af de foreslåede tiltag kræve intensiv pleje, og/eller der kan være øgede omkostninger forbundet med publikumshåndtering i forbindelse med farlige træer. Der er ikke grundlag for at antage, at der ikke er alternative beskæftigelsesmuligheder. Derfor vurderes det at være uden betydning for antallet af arbejdspladser i Danmark.

8.2 Betydning for træindustrien

For det danske skovareal er gennemsnitstilvæksten 10,5 m³/ha/år og hugsten 5,6 m³/ha/år (Nord-Larsen et al., 2016). Hvis man antager, at der ingen hugst er på de udlagte arealer, og de er gennemsnitlige, vil man gå glip af hugstindtægter fra 10.000 ha svarende til 560.500 m³ årligt. Bruttofaktorindkomsten for produktion af træ ligger i størrelsesordenen 1,1 milliarder danske kroner (Nord-Larsen et al., 2016). I 2013 bestod 68 procent af det samlede forbrug af import. Træimporten svarer til 8,1 millioner m³ råtræ-ækvivalenter, mens eksporten svarer til 1,8 millioner m³ råtræ-ækvivalenter (ibid). Prisstudier har vist, at der er tale om et ganske internationalt marked for råtræ, og den manglende produktion vil derfor nemt kunne importeres.

Der planlægges udfasningshugster i op til 10 år i løv og op til 50 år i nål. Den reducerede træproduktion vil således først komme et stykke ude i fremtiden. Derfor, og fordi den tabte produktion er ganske beskeden set i forhold til det samlede træforbrug, og man sandsynligvis vil kunne øge indkøbet andre steder fra, vil der ikke være nogen nævneværdig betydning for træindustrien.

8.3 Betydning for rekreative værdier

Rekreative værdier er ikke markedsomsatte men betyder alligevel ganske meget for velfærdsøkonomien. Det økonomiske råd har estimeret den gennemsnitlige rekreative værdi af naturområder til at være 8.000 kroner/ha/år (De Økonomiske Råd, 2014). Den rekreative værdi afhænger meget af, hvor i landet arealerne ligger, og særligt hvor tæt de ligger på tætbefolkede områder. I det omfang udlægning til urørt skov påvirker de rekreative værdier, vil de samfundsøkonomiske konsekvenser derfor også være stærkt afhængige af, hvor i landet de ligger. Der foreligger rejseomkostningsstudier og husprisstudier af den rekreative betydning af skov. Det er dog svært at benytte disse studier til at evaluere effekten af at udlægge urørt skov. Dels er der i dag en begrænset mængde urørt skov man kan trække erfaringer fra. Dels er det ofte kun en del af en skov, som er udlagt, og de fleste studier ser ikke på bevægelsesmønstre inden for en skov. Derfor vil man skulle se på erklærede præferencestudier for at vurdere betydningen af urørt skov for rekreation. Campbell et al. (2014) benytter et valgekspertiment til at estimere en betalingsvilje i størrelsesordenen 850 kroner/husstand/år (i 2011-kroner) for udlægning af 7 procent af skovarealet i den del af landet, som er domineret af løvtræ. Det drejer sig om cirka 360.000 ha. Det vil sige betalingsviljen/år/ husstand er 3,4 kroner/ha/år, eller cirka 84.000 kroner/ha/år for hele befolkningen. Dette estimat omfatter både rekreative værdier knyttet hertil og ikke-brugsværdier, såsom eksistensværdier, og er estimeret på baggrund af den mængde og placering af urørt skov, vi har i dag. Det er et estimat baseret på hypotetisk værdisætning, så det er givetvis lidt overvurderet. Urørt skov vil have elementer af uensaldret skov, som andre studier har vist har en positiv værdi for rekreation (Nielsen et al., 2007; Filyushkina et al., 2017). Naturstyrelsens drift indeholder imidlertid allerede driftsformer med døde og døende træer og en fleretageret struktur. Så der vil ikke nødvendigvis være en større værdi ved udlægning til urørt skov af disse enkelte strukturelle elementer.

8.4 Økonomiske værdier af biodiversitet

Værdien af en øget biodiversitet kan opgøres som befolkningens betalingsvilje herfor. Som nævnt i afsnit 9.3 finder Campbell et al. (2014) en betalingsvilje i størrelsesordenen 850 kroner/husstand/år for udlægning af 25.000 ha urørt skov. Dette estimat omfatter dog både værdier knyttet direkte til biodiversiteten, til rekreationen og muligvis også til et mere løst begreb, som ofte nævnes som værdifuldt i kvalitative studier: muligheden for at naturlige processer kan finde sted. Derudover finder Campbell et al. (2014) en betalingsvilje i størrelsesordenen cirka 14-20 kroner/husstand/år for at sikre overlevelse af én truet art. I det omfang udlægning af urørt skov sikrer overlevelse af arter, vil man kunne udregne en værdi herfor. Man skal være opmærksom på, at værdien her er for sikring af en art i Danmark. Det er således ikke et udtryk for værdien af en indsats – hvis denne kun øger sandsynligheden for overlevelse (se for eksempel De Økonomiske Råd (2012) for en oversigt).

8.5 Økonomisk værdi af kulstofbinding og substitution

Urørt skov, der er i ligevægt, er i princippet CO₂-neutralt – det, der optages ved vækst, frigives igen ved nedbrydning. Ved udlægning til urørt skov vil der derimod i en lang periode være et nettooptag – fordi der ophobes vedmasse, hvorved CO₂ fra atmosfæren bindes. Det har en værdi for samfundet. Hvor meget det drejer sig om, kan man udregne, hvis man har opgørelser over konkrete arealer, hvor meget stående vedmasse der er – hvor stor tilvæksten er, hvis man fortsætter drift, og så sammenligne med, hvor stor den vil være, hvis man stopper forstlig drift. Et eksempel på en sådan beregning er Petersen et al. (2016), som dog kun ser på værdien af det stående kulstof – ikke hvor meget der bindes. Hvor stor denne mængde er,

afhænger dels af vækstgrundlaget, dels af om man inden udpegning vælger at udtage vedmasse (se afsnit 7.4). Gør man det, mindsker man den samfundsøkonomiske gevinst ved udlægning.

I et globalt perspektiv er der en værdi af at binde CO₂ i en periode – fordi vi har et klimaproblem her og nu. Ved udlægning til urørt skov vil der i en periode være mere tilvækst end nedbrydning, og derved vil der være en ophobning, det vil sige en opbygning af et kulstoflager. Når en ligevægtstilstand er opnået – og tilvækst er lig nedbrydning, er der ikke et årligt nettooptag, men stadig et lager. En sådan ligevægtstilstand er ofte en referenceramme for noget, som ligger meget, meget, meget langt ude i fremtiden, hvis nogensinde. Derfor har urørt skov stadig en nettoophobning i en periode som rækker langt ud over andre tiltag, vi betragter i et klimaperspektiv.

Det man CO₂-mæssigt mister ved omlægning til urørt skov, er det potentiale, der ligger i at benytte træ til erstatning for andre produkter (konstruktionstræ, møbler med videre samt biomasse som substitution af fossile brændsler). Taerøe et al. (2017) sammenligner produktsubstitutioner og finder, at det er klimamæssigt fordelagtigt at producere træ til produkter, der substituerer andre produkter (som klimamæssigt resulterer i større udledninger) fremfor det lagringspotentiale, der ligger i udlægning til urørt skov. En forudsætning herfor er, at træproduktionen sker i et system, hvor der ikke hugges mere, end der plantes.

En ting er imidlertid det biofysiske, noget andet er de politiske og økonomiske rammer, der ligger i internationale aftaler. For disse har betydning for, hvad der reelt sker, hvis man laver tiltag ét sted i samfundsøkonomien. Med de aftaler, der ligger i dag og gældende frem til 2030, er der lagt op til, at Danmark indregner højst 4 procent under det såkaldte LULUCF. Dette nås imidlertid med allerede eksisterende tiltag i for eksempel landbruget², hvorfor udlægning af skov til urørt skov ikke har en ekstra økonomisk værdi for det danske samfund. Et andet rammevilkår er muligheden for substitution mellem træbaserede produkter og andre produkter, ikke mindst hvis der er tale om substitution af produkter, hvor det ene produkts produktion er omfattet af kvotesystemet. Her vil en reduktion af udledninger, fordi nogle produkter substitueres af træbaserede produkter, ikke have en nettoeffekt på de globale udledninger (se også Klimarådet (2017) for en diskussion af substitution ind og ud af kvotesystemet). Udover klimapolitiske aftaler betyder markeds kræfter også en del for effekten – herunder at substitution mellem produkter sjældent sker i forholdet 1:1.

Samlet set er der ting, der trækker i begge retninger i forhold til potentielle samfundsøkonomiske konsekvenser af kulstofbinding og substitution ved udlægning til urørt skov.

8.6 Økonomisk værdi af grundvandsdannelse

Petersen et al. (2016) konkluderer, at såfremt udpegning inkluderer ophør af dræning, kan der være en positiv effekt på grundvandsdannelse ved udlægning til urørt skov. Men det vil kræve en vurdering af konkrete bevoksninger at komme med bud på hvor meget. Ændring i kvaliteten af grundvand som følge af udlægning til urørt skov er der ikke tilstrækkeligt dokumenterede effekter af (Petersen et al., 2016).

² Bemærk, at der også er usikkerhed om, hvordan referenceniveauet i skov fastsættes, og dette er af betydning for muligheden for mål opfyldelse (se Johannsen et al., 2017).

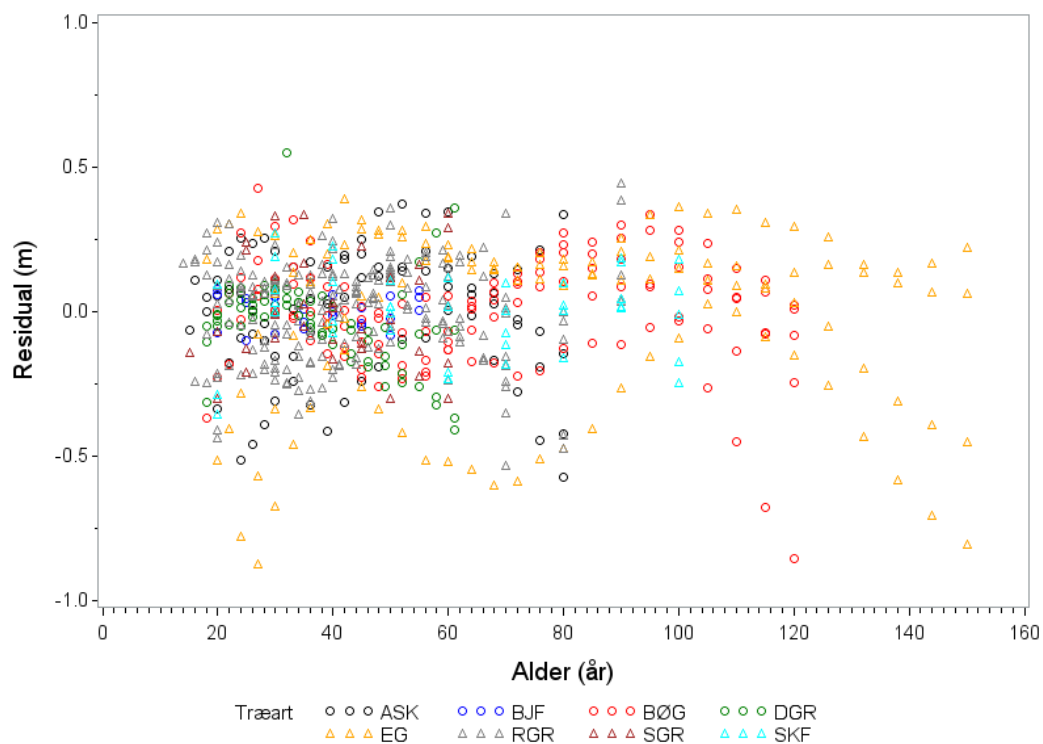
9. Referencer

- Campbell, D., Vedel, S.E., Thorsen, B.J. og Jacobsen, J.B. (2014). Heterogeneity in the WTP for recreational access – distributional aspects. *Journal of Environmental Planning and Management* 57, 1200-1219.
<http://dx.doi.org/10.1080/09640568.2013.793173>
- De Økonomiske Råd (2012). *Økonomi og Miljø 2012*. 459 pp.
- De Økonomiske Råd (2014). *Økonomi og Miljø 2014*. 346 pp.
- Filyushkina, A., Agimass, F., Lundhede, T., Strange, N. og Jacobsen, J.B. (2017). Preferences for variation in forest characteristics: Does diversity between stands matter? *Ecological Economics* 140, 22-29.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.ecolecon.2017.04.010>
- Finansministeriet (2017). Vejledning i samfundsøkonomiske konsekvensvurderinger. 62 pp.
<https://www.fm.dk/publikationer/2017/vejledning-i-samfundsøkonomiske-konsekvensvurderinger>
- Johannsen, V.K., Nord-Larsen, T., Vesterdal, L., Suadicani, K. og Callesen, I. (2017). Identifying potential uncertainties associated with forecasting and monitoring carbon sequestration in forests and harvested wood products. Department of Geosciences and Natural Resource Management, University of Copenhagen.
- Klimarådet (2017). Det oppustede CO₂-kvotesystem. Konsekvenser for dansk klimapolitik af kvotesystemet og overskuddet af kvoter. 44 pp. <http://klimaraadet.dk/da/analyser/det-oppustede-co2-kvotesystem>
- Lundhede, T. og Thorsen, B.J. (2017). Estimation of costs for the establishment of hedges and smaller woodlots of the landscape. IFRO Commissioned Work no 2017/01. Department of Food and Resource Economics, University of Copenhagen. 10 p.
https://curis.ku.dk/ws/files/173676807/IFRO_Commissioned_Work_2017_01.pdf
- Madsen, S.Fl. (1987). Vedmassefunktioner ved forskellige aflægningsgrænser og nøjagtighedskrav for nogle vigtige danske skovtræarter. (Volume equations for some important Danish tree species. Standard and Form Class Equations. Total and merchantable volumes). *Det forstlige forsøgsvæsen i Danmark* 41, 41-242.
- Madsen, S. Fl. og Heusèrr, M. (1993). Volume and stem-taper functions for Norway spruce in Denmark. *Forest & Landscape Research* 1, 51-78.
- Nielsen, A.B., Olsen S.B. og Lundhede, T. (2007). An economic valuation of the recreational benefits associated with nature-based forest management practices. *Landscape and Urban Planning* 80, 63-71.
- Nord-Larsen, T., Johannsen, V.K., Riis-Nielsen, T., Thomsen, I.M., Suadicani, K., Vesterdal, L., Gundersen, P. og Jørgensen, B.B. (2016): *Skove og plantager 2015*, Institut for Geovidenskab og Naturforvaltning, Københavns Universitet, Frederiksberg. 128 s. ill.

- Petersen, A.H., Lundhede, T., Bruun, H.H., Heilmann-Clausen, J., Thorsen, B. J., Strange, N. og Rahbek, C. (2016). Bevarelse af biodiversiteten i de danske skove: en analyse af den nødvendige indsats, og hvad den betyder for skovens andre samfundsgoder. Center for Makroøkologi, Evolution og Klima, Københavns Universitet.
- Taeroe, A., Mustapha, W.F., Stupak, I. og Raulund-Rasmussen, K. (2017). Do forests best mitigate CO₂ emissions to the atmosphere by setting them aside for maximization of carbon storage or by management for fossil fuel substitution? *Journal of Environmental Management* 197, 117-129.
- Statens Forstlige Forsøgsvæsen (1990). Skovbrugstabeller. København.

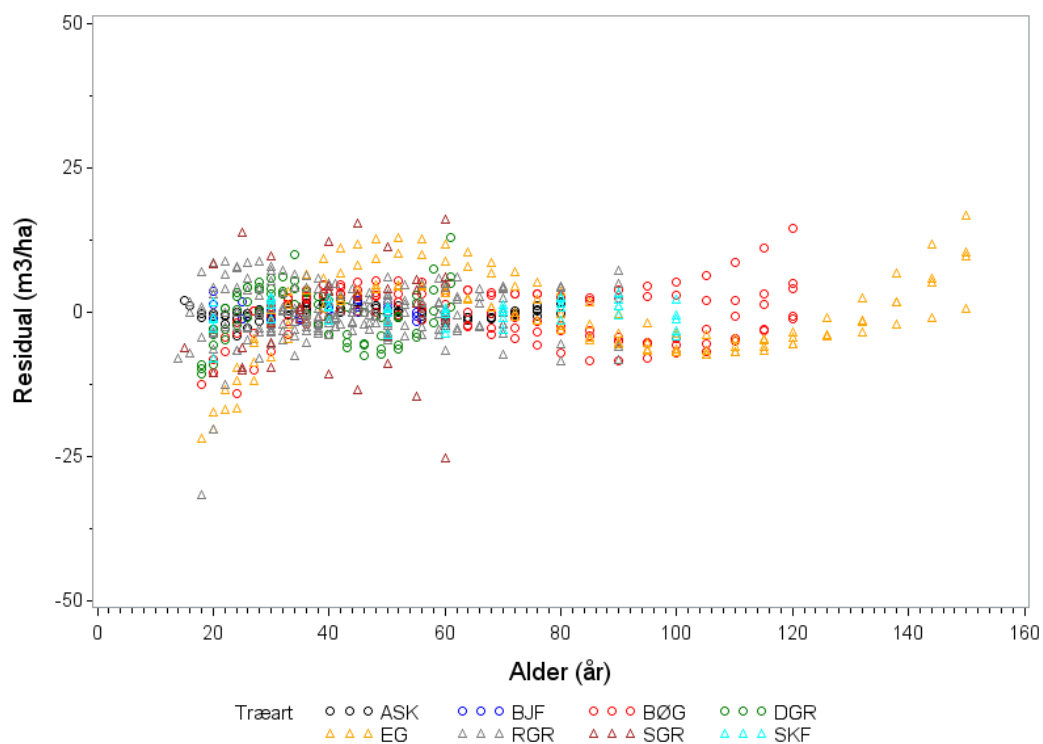
Bilag 1. Residualer for modellerne i)-v)

Alder-højde-model

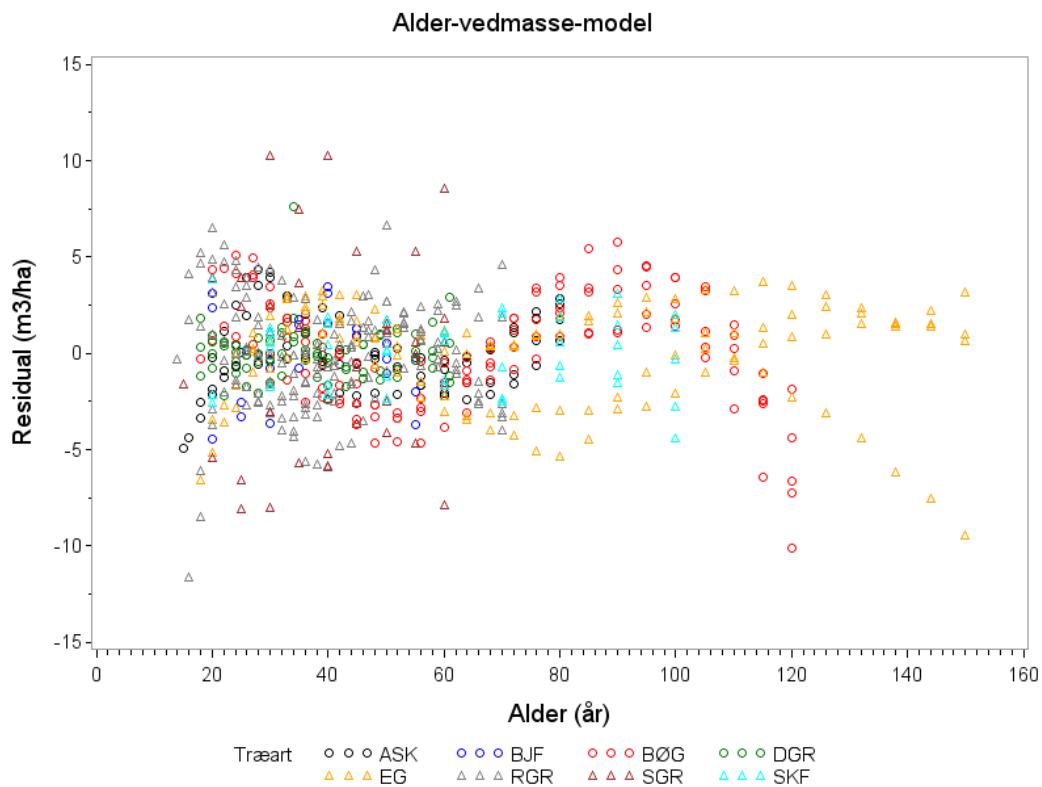


Figur A1. Residualplot for Model i): Bevoksningshøjde som funktion af bevoksningsalder og produktionsklasse.

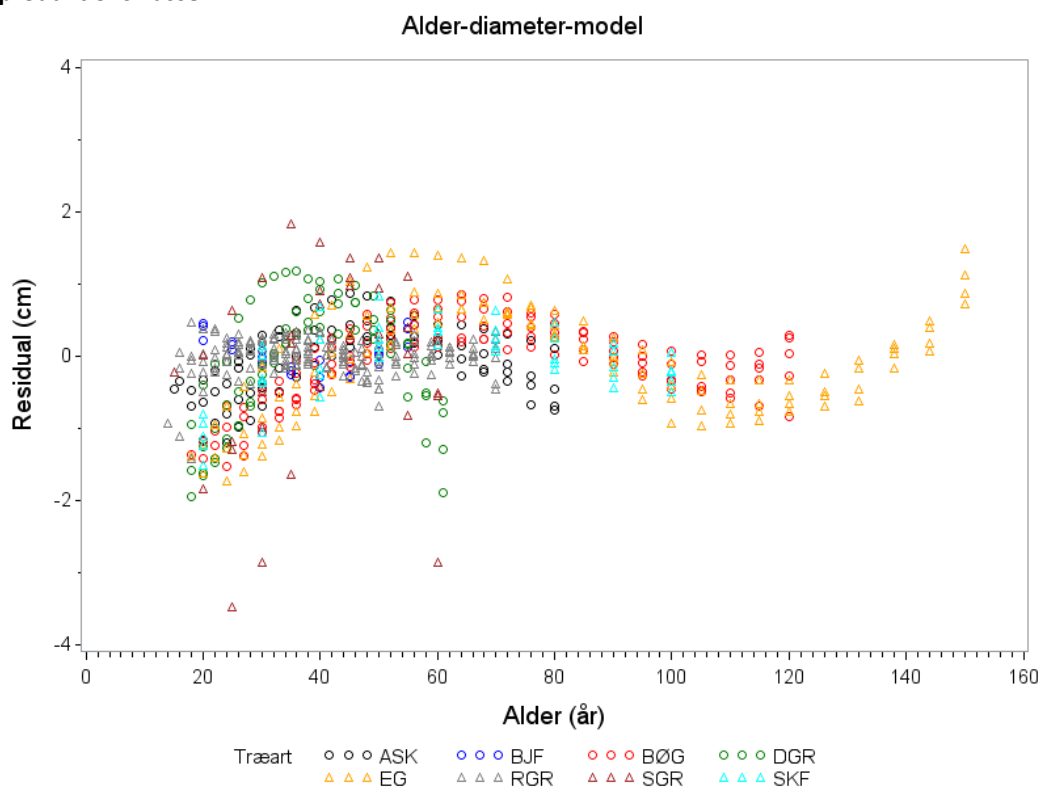
Alder-totalproduktions-model



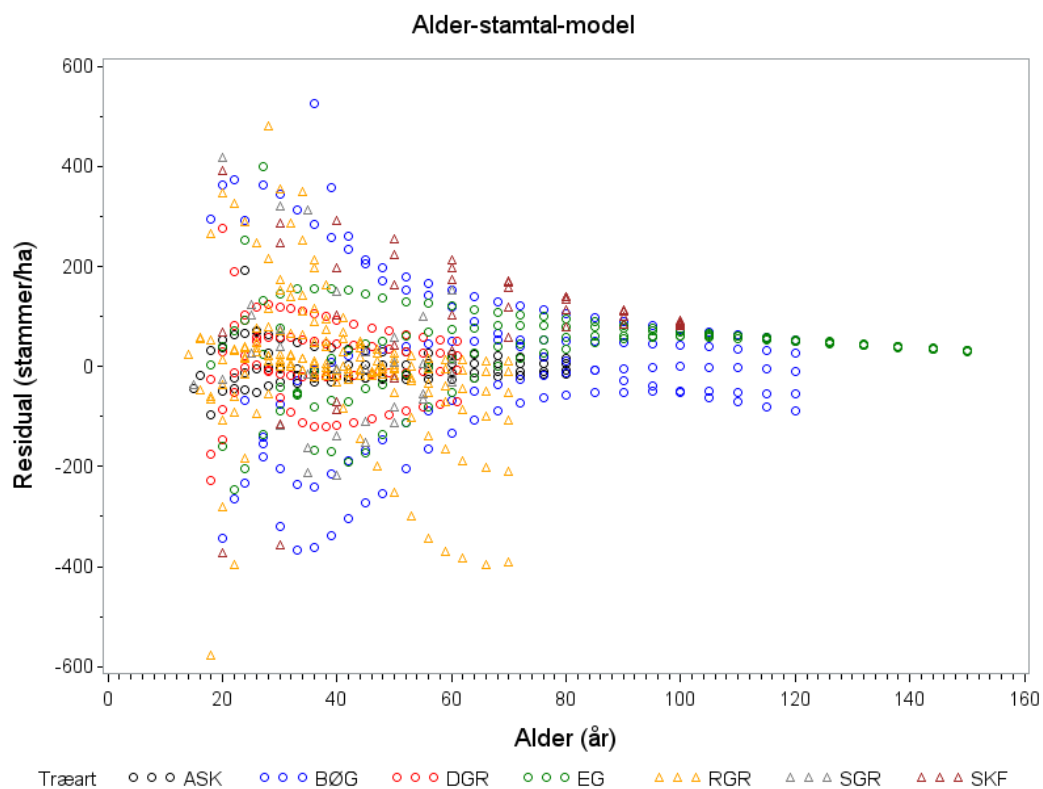
Figur A2. Residualplot for Model ii): Akkumuleret vedmasseproduktion som funktion af bevoksningsalder og produktionsklasse.



Figur A3. Residualplot for Model iii): Stående vedmasse efter hugst som funktion af bevoksningsalder og produktionsklasse.

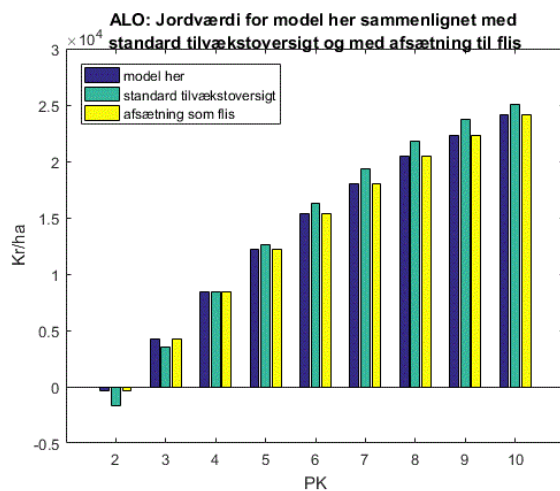
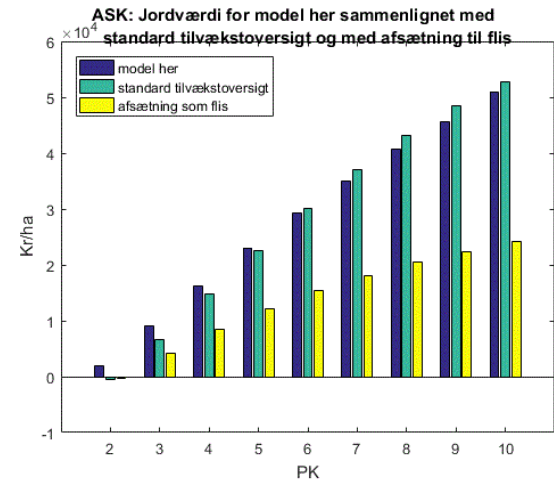
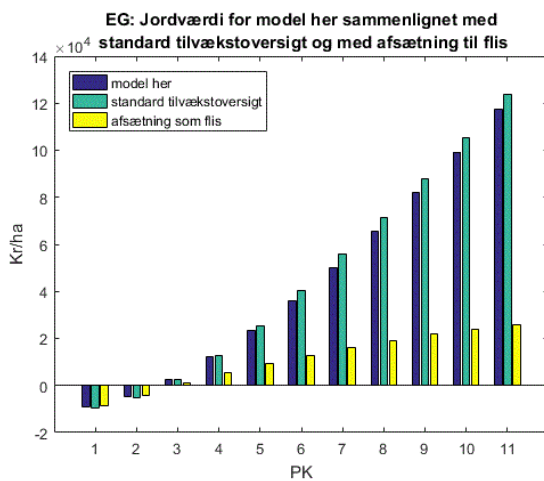
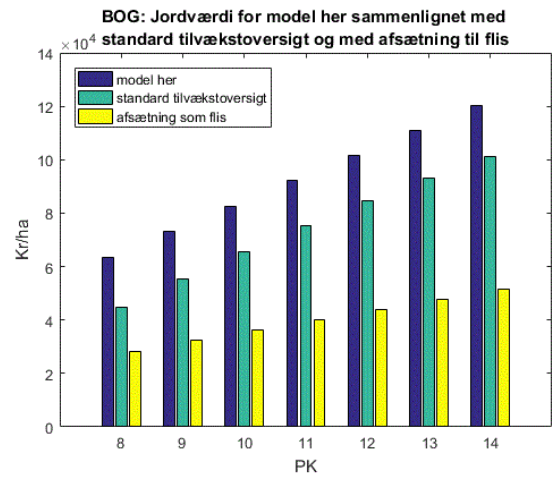
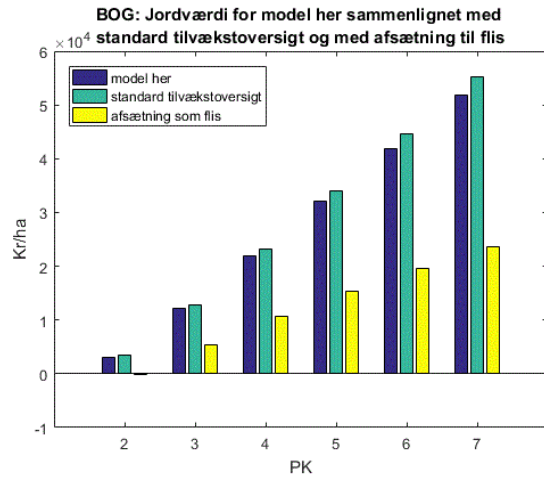


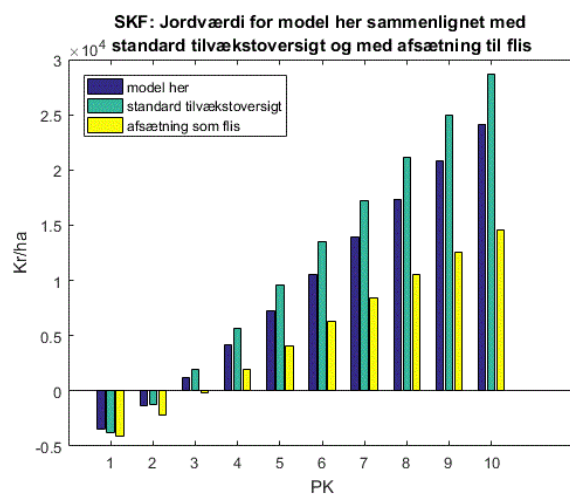
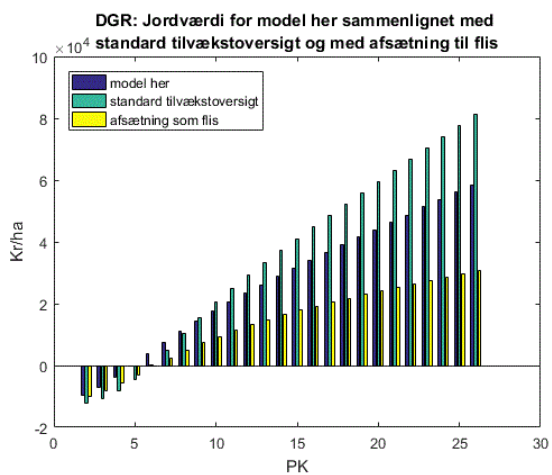
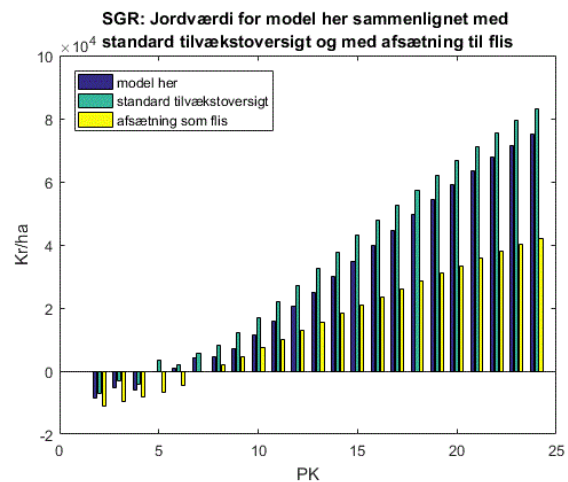
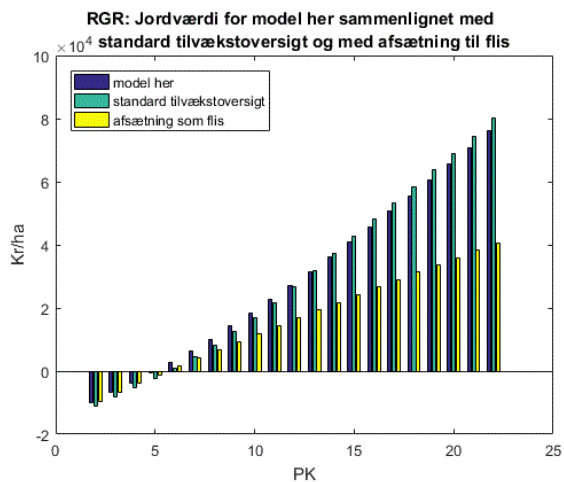
Figur A4. Residualplot for Model iv): Bevoksningsdiameter som funktion af bevoksningsalder og produktionsklasse.



Figur A5. Residualplot for Model v): Stamtal som funktion af bevoksningsalder og produktionsklasse.

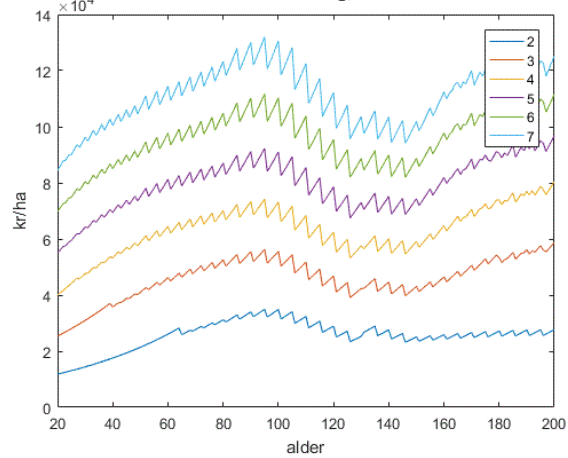
Bilag 2. Følsomhed for antagelser omkring tilvækst og dyrkningssystem



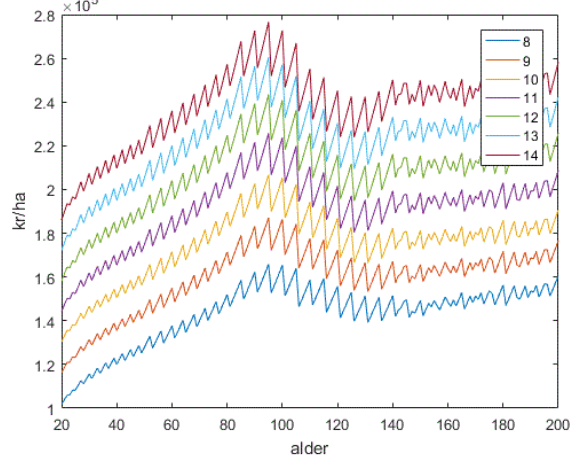


Bilag 3. Udvikling i venteværdier over tid for standardbevoksninger

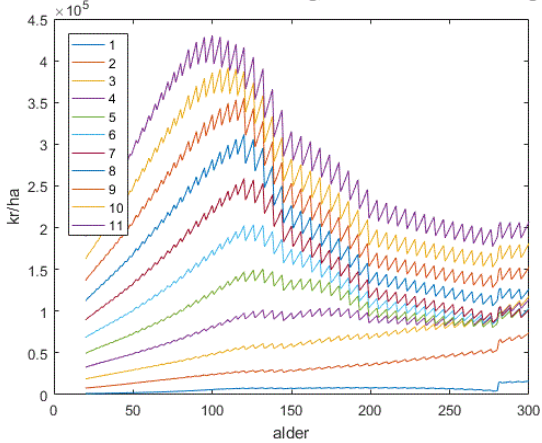
BOG: Venteværdi af standardbevoksning, ved fast rente for forskellig PK



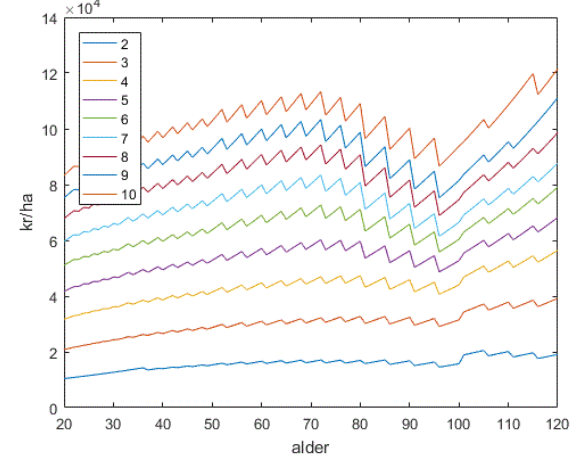
BOG: Venteværdi af standardbevoksning, ved fast rente for forskellig PK



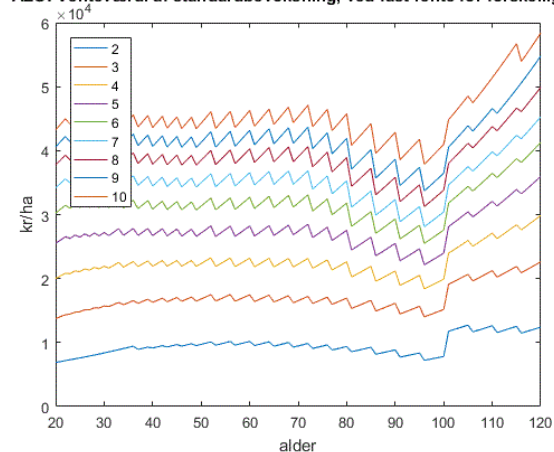
EG: Venteværdi af standardbevoksning, ved fast rente for forskellig PK



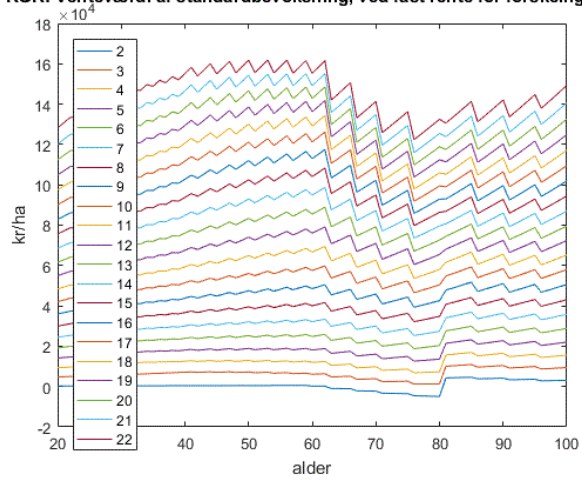
ASK: Venteværdi af standardbevoksning, ved fast rente for forskellig PK



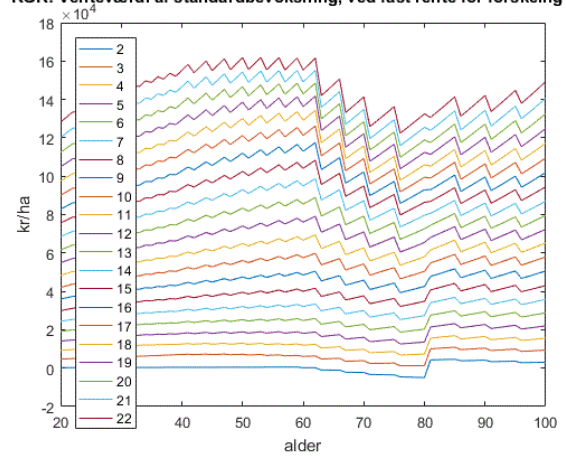
ALO: Venteværdi af standardbevoksning, ved fast rente for forskellig PK



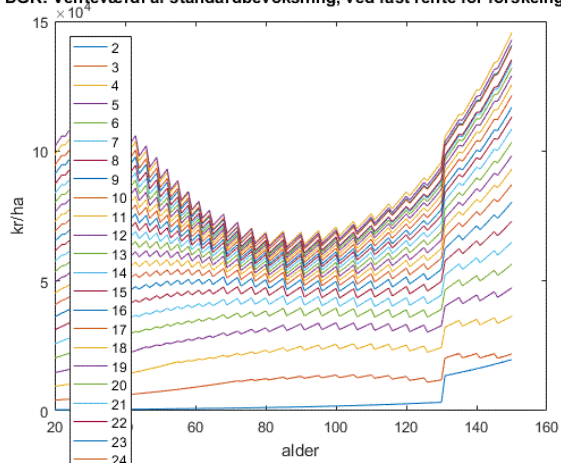
RGR: Venteværdi af standardbevoksning, ved fast rente for forskellig PK



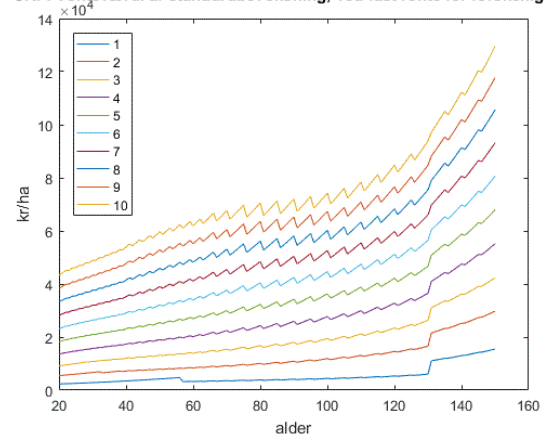
RGR: Venteværdi af standardbevoksning, ved fast rente for forskellig PK



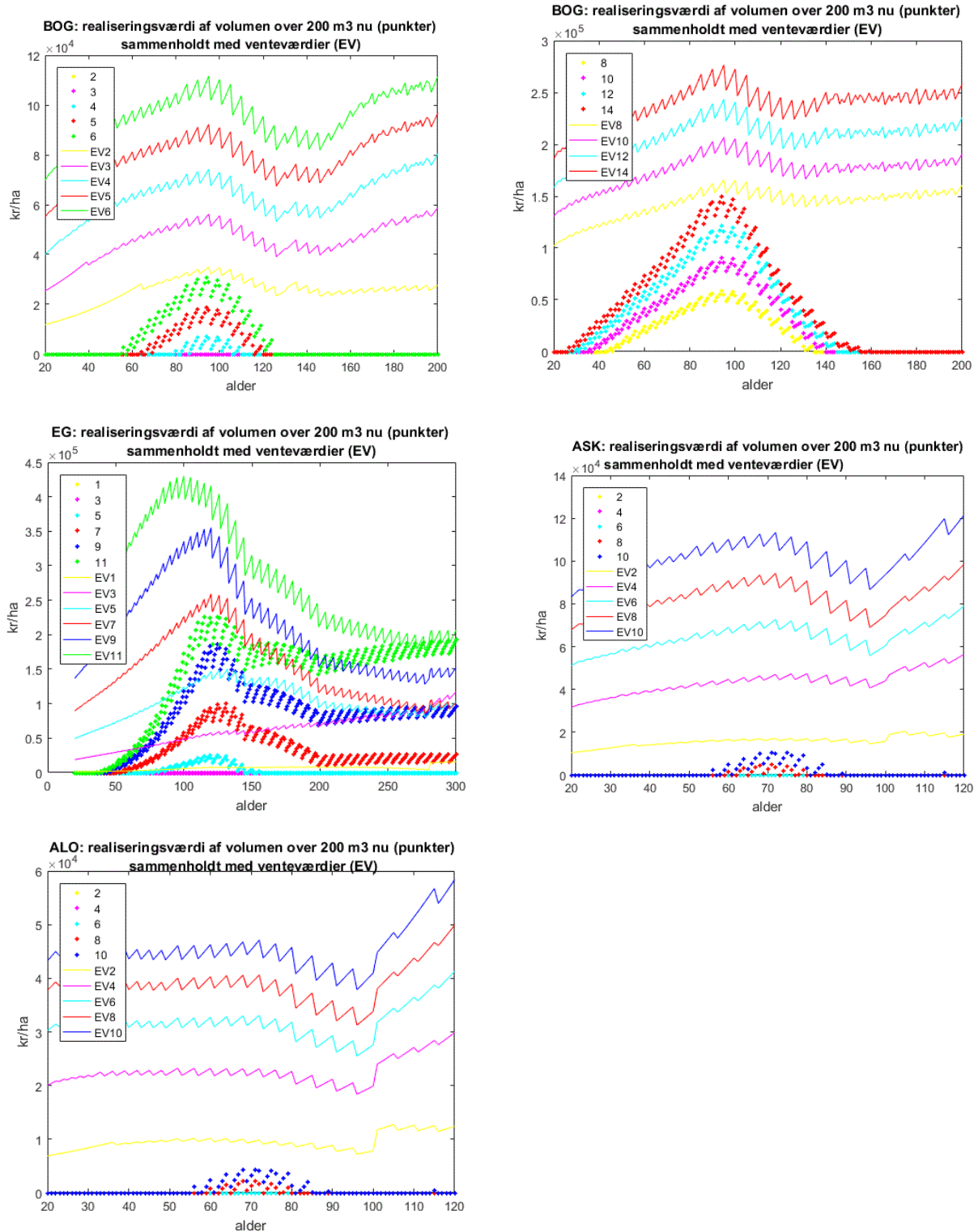
DGR: Venteværdi af standardbevoksning, ved fast rente for forskellig PK

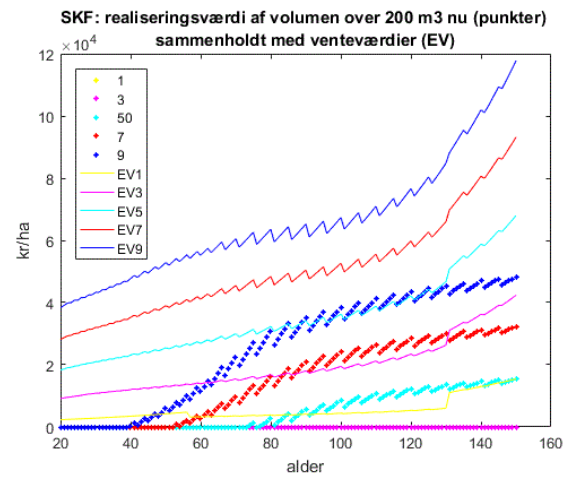
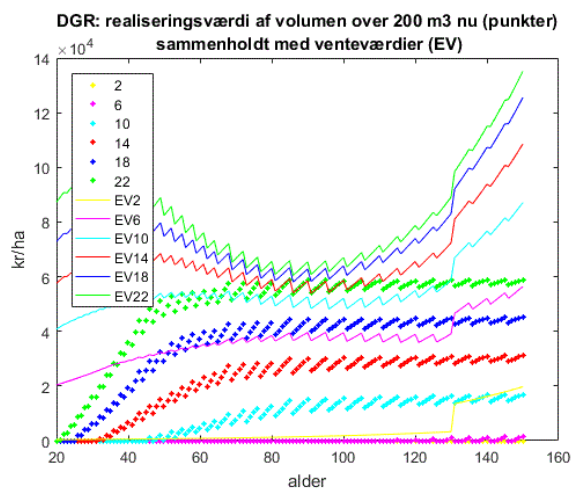
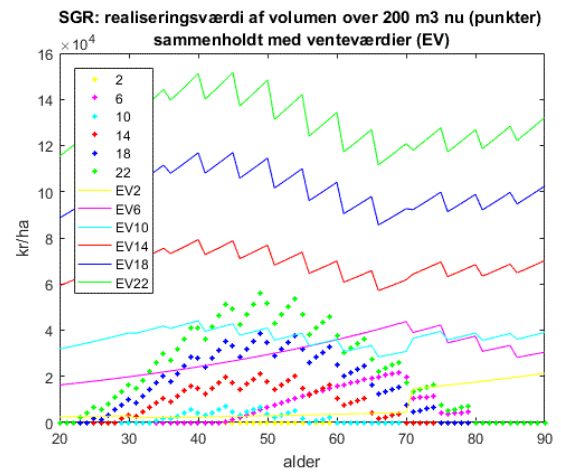
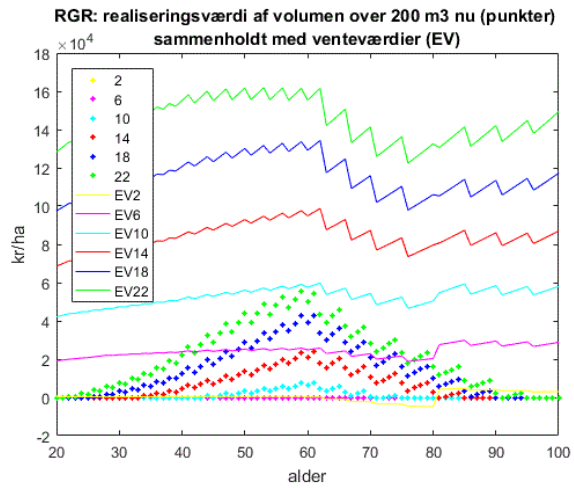


SKF: Venteværdi af standardbevoksning, ved fast rente for forskellig PK

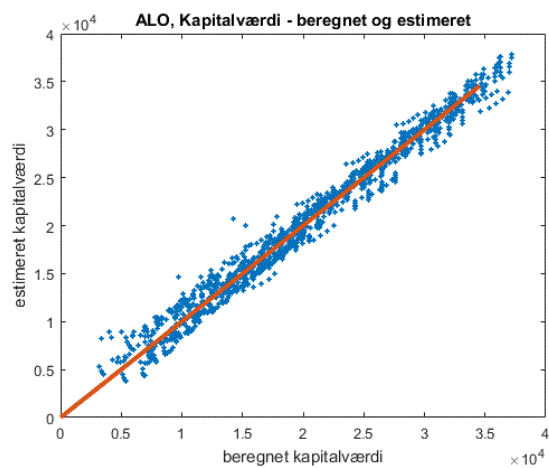
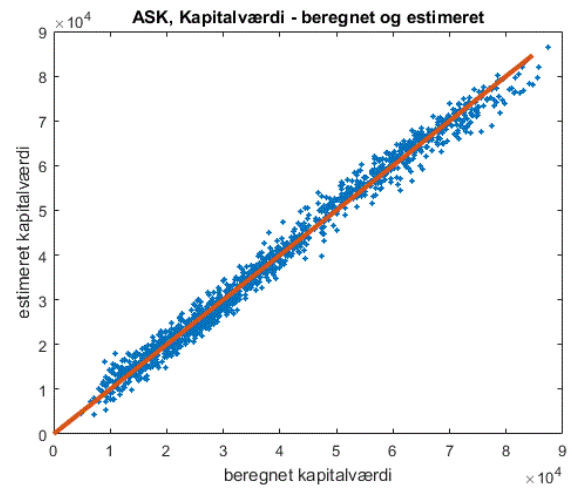
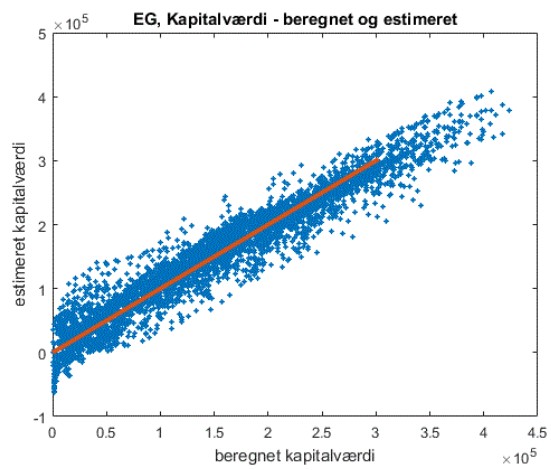
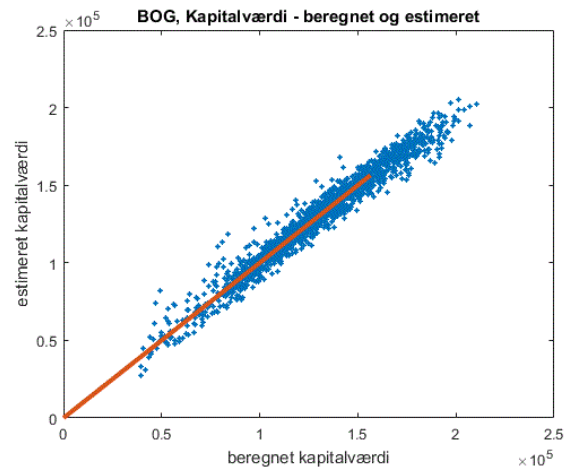
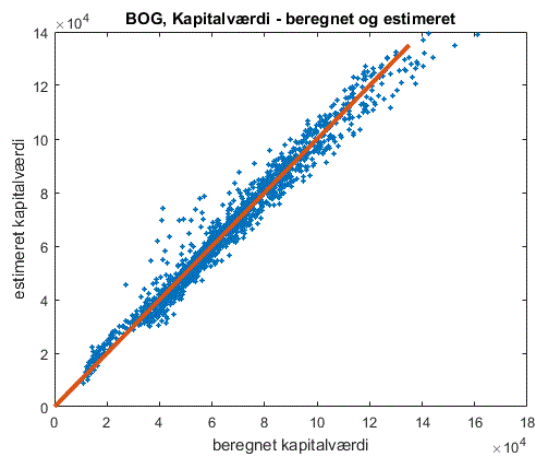


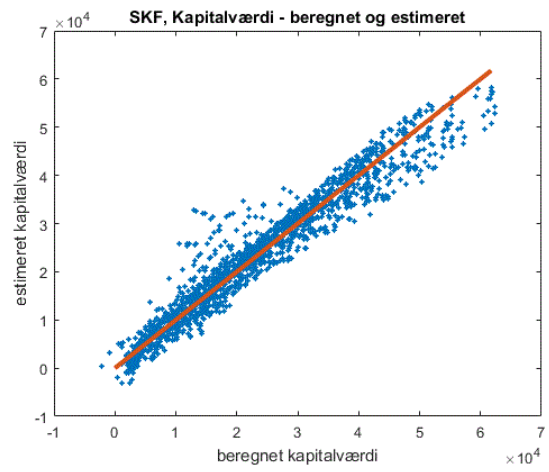
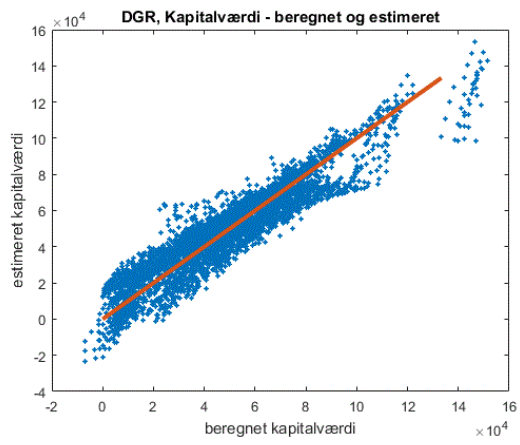
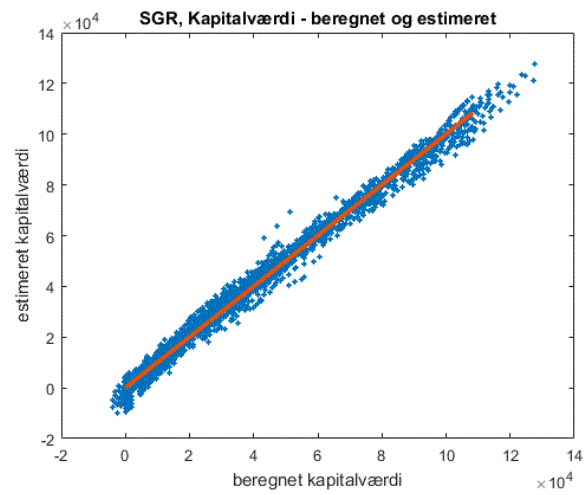
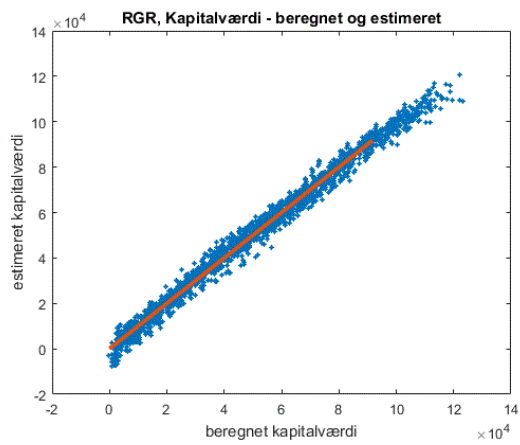
Bilag 4. Betydningen af muligheden for at kunne realisere en del af den stående vedmasse inden udlægning



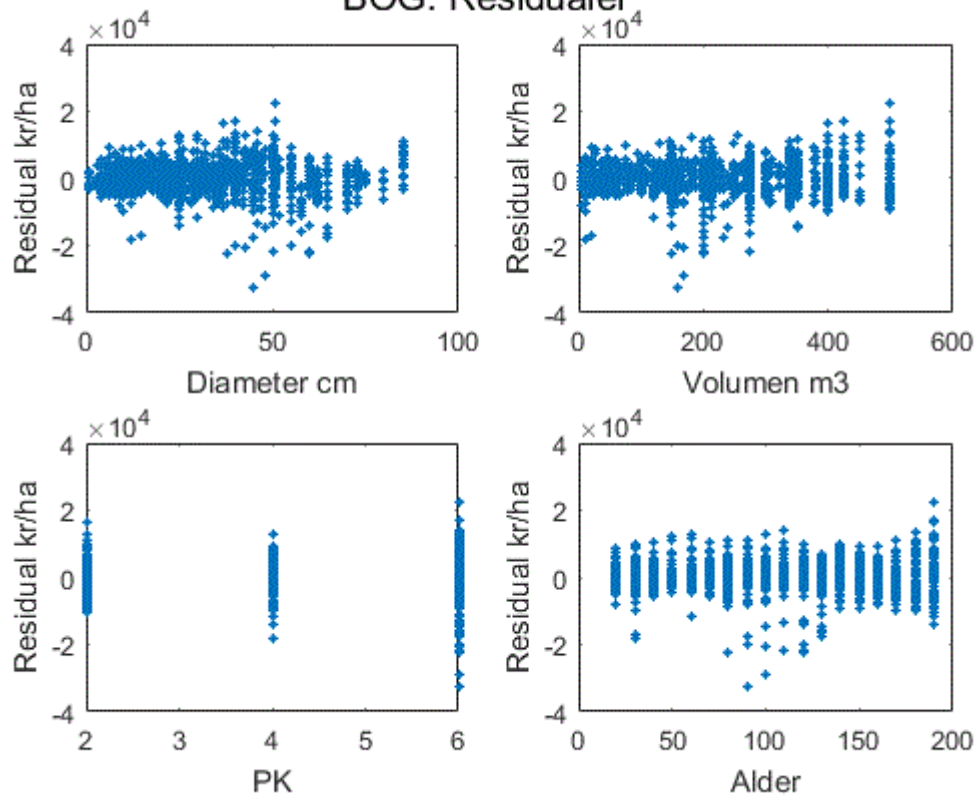


Bilag 5. Præcision af anvendte polynomier

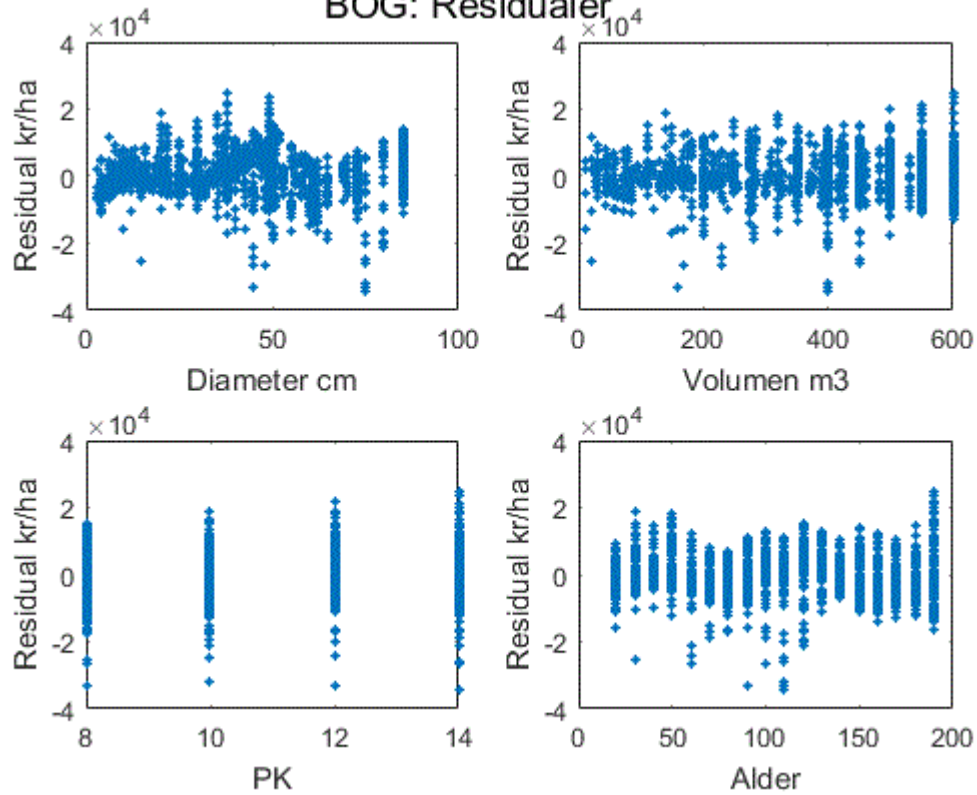


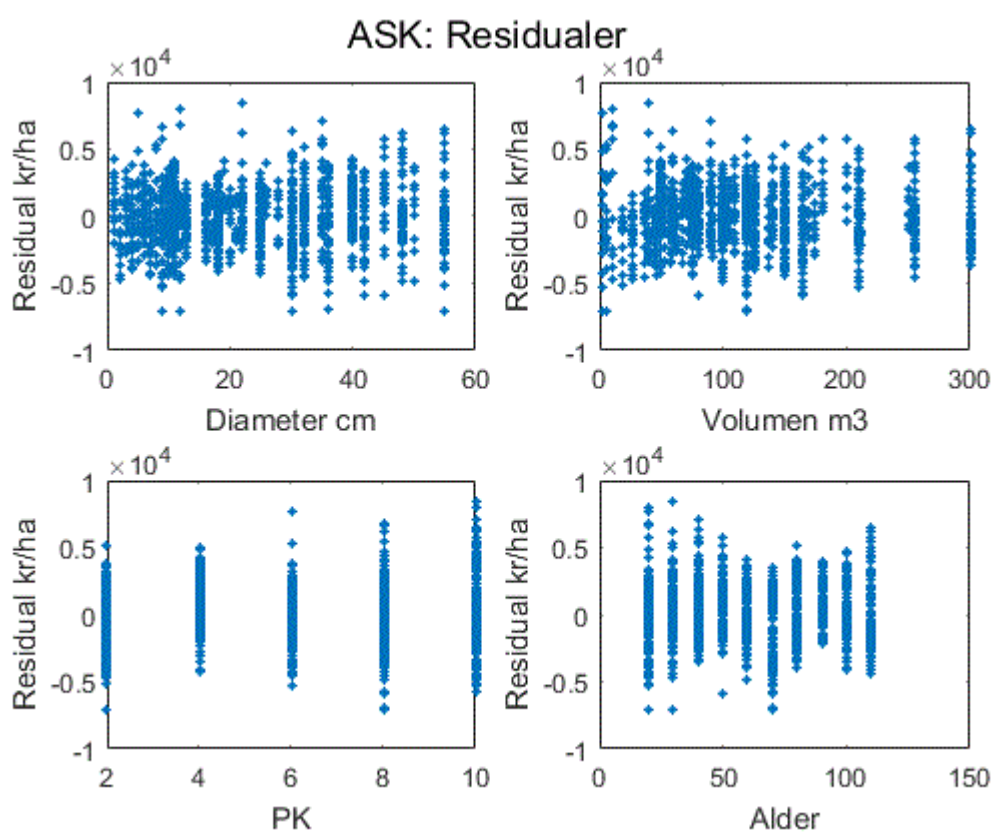
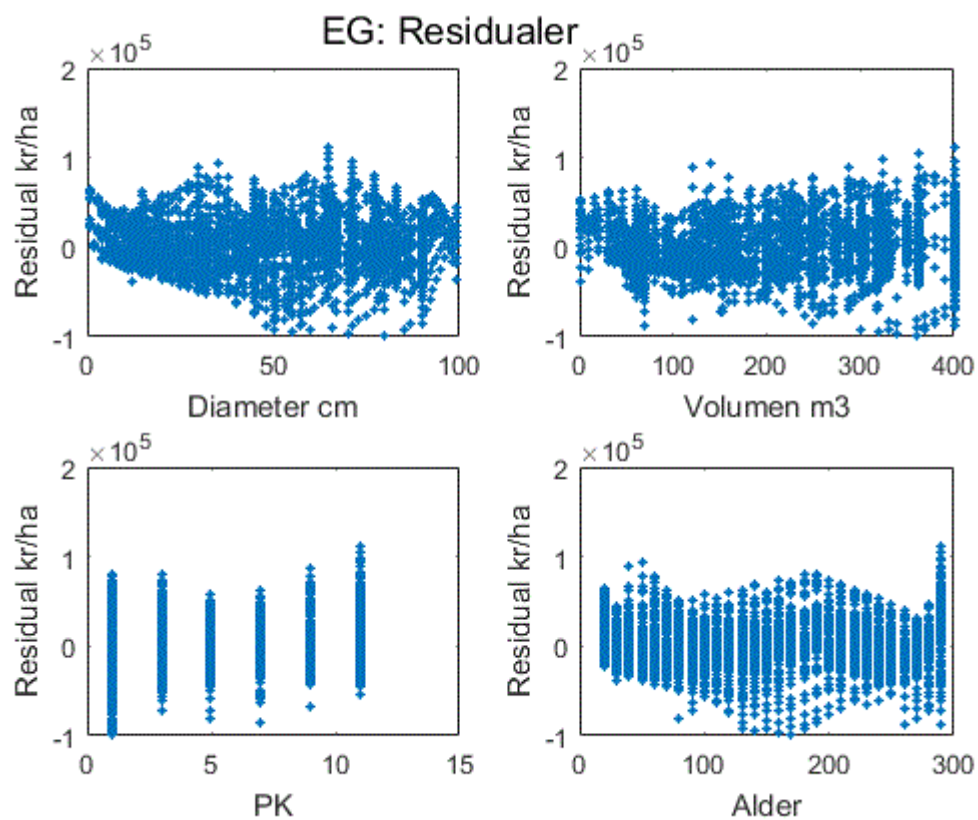


BOG: Residualer

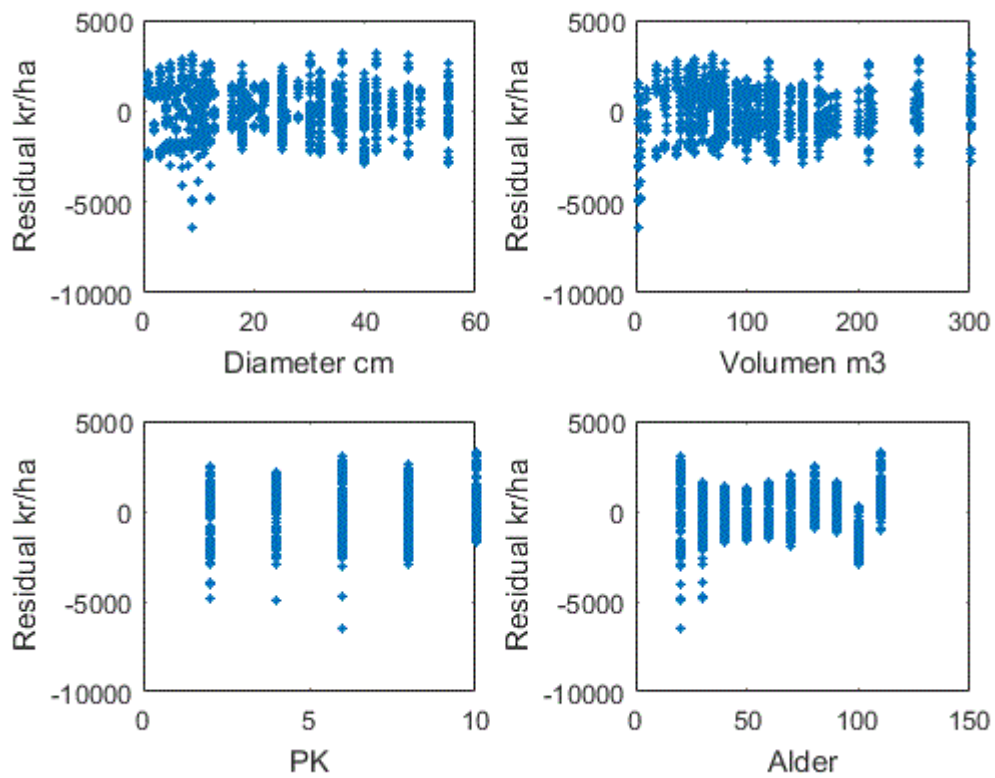


BOG: Residualer





ALO: Residualer



RGR: Residualer

